



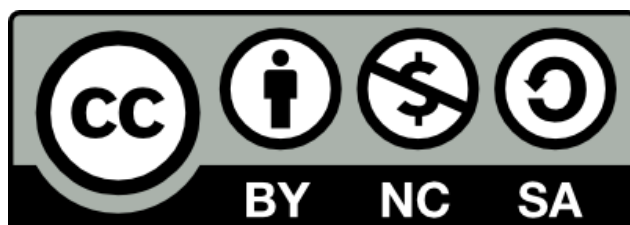
Alter'éco 30  
Formation à l'autonomie appliquée  
[altereco30@gmail.com](mailto:altereco30@gmail.com)  
altereco30.com  
1617, chemin des canaux  
30600 Vauvert

## **Four à pain « Alpaga »** *Four professionnel ou collectif en auto-construction*



**Conception et réalisation :**

Alter'éco 30 a conçu le four Alpaga et a réalisé sur son écolieu « Echovert » les prototypes 1 et 3. Le prototype 2 a été construit en Argentine par Nicolas Beurrier grâce à un accompagnement à distance.



Cette œuvre est mise à disposition sous licence Creative Commons BY-NC-SA 4.0 International.

Toute reproduction ou partage, complet ou partiel de cette oeuvre peut se faire uniquement aux conditions suivantes :

- Attribution : l'auteur de l'oeuvre doit être cité
  - Pas d'utilisation commerciale : cette oeuvre ne peut être vendue que par son auteur. Les éventuels partages doivent se faire à titre gracieux.
  - Partage dans les mêmes conditions : tout partage de cette oeuvre doit se faire sous sa forme actuelle (pas de modification, ajout, suppression).
- Merci de respecter ces conditions. Dans le cas contraire, des poursuites pourront être engagées.

Pour voir la copie complète de cette licence, écrivez à Creative Commons : PO Box 1866, Mountain View, CA 94042, USA ; ou rendez-vous sur le site Internet : <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>



## Sommaire

Présentation .....	p 1
1/ La structure porteuse .....	p 2
2/ Dalle porteuse (Plan P2) .....	p 4
3/ Les bétons isolants .....	p 5
4/ Enceinte isolante du foyer .....	p 6
a/ coffrage de la voûte (P6' et P7) .....	p 8
b/ coffrage du gueulard .....	p 8
c/ Option : évacuation secondaire des fumées .....	p 9
d/ montage de la voûte (P6 et P7) .....	p 9
e/ Enduit réfractaire .....	p 9
f/ encoches du foyer .....	p 10
g/ fronton avant Plan .....	P 10
h/ encadrement de porte Plans P8 et P1' .....	p 10
i/ coffrage foyer (P8'') .....	p 10
j/ Coulage foyer .....	p 11
k/ Coffrage dalle isolante (P1' - P8'') .....	p 11
l/ Coffrage du gueulard (P6') .....	p 11
5/ Dalle isolante (P4 – P9 – P9'') .....	P 11
6/ pourtour de la dalle à inertie (P9 – P9') .....	p 12
7/ dalle à inertie (P9 étape 1' - P8'') .....	p 12
8/ Assise de mur (P9 étape 2) .....	p 13
9/ Saule (P9 – P10') .....	p 13
10/ Mur (P5 – P10 – P10') .....	p 13
11/ Ceinture isolante (P9 - P9' - P9'' - P5) et coffrage .....	p 14
12/ Structure acier intérieure de l'ouverture de porte .....	p 14
13/ Coffrage de la ceinture isolante et du pourtour de porte .....	p 14
14/ Coulage (P11 – P11') .....	p 14
15/ Pourtour de porte et fixation (P11 – P11'' - P12) .....	p 15
16/ Porte du foyer (P13 – P13') .....	p 15
17/ Porte du four (P14 - P15) .....	p 16
18/ Réflecteur de sortie (P16) .....	p 17
19/ Réflecteur d'entrée (P16 – P17 – P19 – P17') .....	p 17
20/ Eléments d'habillage du gueulard (P18) .....	p 18
21/ Pose du plafond (P19 – P20) .....	p 18
22/ Sortie des fumées (P20) .....	p 19
23/ Evaporateur .....	p 19
24/ Masse à inertie du plafond (P22) .....	p 21
25/ Fermeture de sortie de fumées (P21) .....	p 21
26/ Structure d'habillage (P2) .....	p 22
27/ Option d'isolation externe du mur .....	p 23
28/ Habillage extérieure .....	p 23
29/ remplissage isolant latéral .....	p 23
30/ tuyau d'évacuation et isolant haut (P21) .....	p 23
31/ structure acier du foyer (P23 – P23') .....	p 24
32/ structures latérales (P24) .....	p 24
33/ Mise en fonction du four .....	p 24
34/ Première cuisson .....	p 24
<u>Annexe 1</u> : Consignes d'usage de l'Alpaga .....	p 25
<u>Annexe 2</u> : Caractéristiques thermiques .....	p 26
Tableau des quantités de matériaux	
Plans détaillés P1 à P24	
Planches photos	

## Présentation :

Temps estimé : 500 à 600 h

Coût : 1200 à 1700 €

Facteur : 12 à 20 (fois moins que les prix du marché)

La conception de l'Alpaga était portée par la nécessité que nous avons rencontré sur notre éco-lieu de réaliser nous-même un four à pain professionnel efficace et peu coûteux par rapport aux prix des fours équivalents du marché. La réalisation préalable de petits prototypes de poêles nous avaient donné les informations utiles à la conception d'un foyer brûlant les fumées de façon efficace.

L'alpaga comporte un foyer déporté crachant sa flamme dans le four par un orifice appelé « gueulard ». La surface de la saule est de 2,5 m<sup>2</sup> et permet la cuisson de 40 kg de pain par fournée.

Une économie énergétique importante est obtenue par la combustion du carbone contenu dans les fumées : c'est environ 30 % d'énergie qui est habituellement perdue dans les fumées. D'autre part la haute isolation du four, portes comprises, induit un faible besoin en combustible.

Une période de chauffe pouvant varier de 1h45 à 2h15 (selon options d'isolation choisies) amène l'Alpaga à une température moyenne de 300°C et 30 minutes d'équilibrage interne des températures est nécessaire avant l'enfournement qui a lieu feu éteint. Durant les quinze premières heures après la cuisson, les pertes thermiques de l'Alpaga peuvent se limiter à 5°C/heure (selon options d'isolation choisies). Dans le cas d'une isolation optimale, le lendemain d'une fournée le four est encore au alentours de 150 °C !

L'annexe 2, en fin de manuel, comporte un bilan thermique de la montée en température.

Une économie substantielle de bois est également obtenue de part ces qualités thermiques. Si vous choisissez les options donnant la plus grande isolation thermique, la chauffe consommera 15 kg de bois si le four est initialement froid. Dans le cas de fournées successives cette quantité diminuera proportionnellement à la température initiale du four.

Enfin, la grande inertie thermique permet la cuisson de tous types de plats dans la plage 120 – 250 °C, ainsi que le séchage lorsque l'on atteint 60 à 80 °C. La cuisson des pizzas et autres préparations devant être saisies peut se dérouler en cours de flambée : flamme entrant dans le four. Grâce à la surface de saule disponible, de grands plats (type « gastro ») peuvent être enfournés.

La forte capacité calorifique du foyer permet d'imaginer d'y associer plusieurs usages simultanés : par exemple, l'adaptation d'un évaporateur à eau au foyer peut permettre d'alimenter durant le temps de la flambée un distillateur à huiles essentielles auto-construit ou pas. Le temps d'une distillation est en effet équivalent à la durée de chauffe du four soit environ 2 à 2h30. La chaleur des gaz de sortie pourraient aussi servir à chauffer de l'eau, pour un usage sanitaire, de chauffage ou la régulation thermique d'une chambre de pousse pour le pain.

L'aventure de l'Alpaga commença en 2012 avec la fabrication du premier prototype pour l'installation de Jean-Michel comme paysan boulanger. Il développa son activité durant environ cinq ans et le four donna pleinement satisfaction. S'ensuivit une période de sommeil de deux ans jusqu'au coup de fil de Nicolas, un Argentin qui avait découvert la présentation du four sur notre site internet et souhaitait construire le même pour créer son activité. Nous avons donc proposé un accompagnement à distance et pour ce faire réaliser le manuel détaillé que vous lisez maintenant.

Mais pour optimiser l'ouvrage nous avons dû démonter le prototype 1 afin de pointer les éventuels défauts d'usures et imaginer les améliorations les plus pertinentes. Un certain nombre de transformations ont été intégrées au manuel rédigé et Nicolas les a mises en œuvre en construisant son four qui est de fait le prototype 2 de l'Alpaga. Nous le remercions, ainsi que Jean-Michel pour leur totale confiance et leur courage au travail !

Enfin, ce manuel a été finalisé par la rénovation du premier prototype présent sur notre lieu d'expérimentation et de mise en pratique d'autres possibles. A cette occasion quelques améliorations ont pu être trouvées notamment pour la confection de porte à isolation renforcées : la porte du four atteint une température extérieure de 30°C pour 300°C intérieur et celle du foyer monte à 45 °C intérieur pour plus de 1000 °C intérieur...

Enfin ce manuel est conçu pour toutes personnes décider à construire son four même si elle n'est pas formée en maçonnerie, ferronnerie, etc. Un équipement minimum d'atelier est nécessaire et l'appel aux compétences de quelques amis sera bienvenue pour la réalisation de certains éléments (soudure à l'arc par exemple), mais rien de bien sorcier !

L'accessibilité technique et le bas coût sont des éléments moteurs de notre démarche : alors qu'un four de taille équivalente réalisé par une entreprise spécialisée se situera dans une fourchette de prix allant de 20.000 € à 30.000 €, le prix des matériaux pour construire l'Alpaga oscille entre 1.000 € et 1.700 € selon les options choisies.

Pour les amateurs d'expérimentation, un modèle à deux niveaux semble prometteur. La sole de base pourrait faire de 1,5 à 2 m<sup>2</sup>, soit 3 à 4 m<sup>2</sup> de saule au total pour une capacité de cuisson de 60 à 70 kg (voir schéma en annexe)... A vous de jouer !

### Marche à suivre...

OUTILS : Meuleuse avec disque acier et disque matériaux

Scie

Scie sauteuse avec lame acier et lames bois

Visseuse + embouts

Perceuse, éventuellement défonceuse

Poste à souder à l'arc.

Bétonnière

Truelle, auge, seaux

Pelle

Mètre, niveau à bulle, règle, équerre, scie à main

Maillet / marteau

Ciseau à bois

**Un tableau en annexe récapitule l'ensemble des matériaux nécessaires à la construction de l'Alpaga.**

### 1/ La structure porteuse

**La hauteur du four peut être adaptée : la sole d'enfournement peut être à une hauteur allant de 89 cm à 120 cm du sol. Certains boulangers préconisent un enfournement à 110 ou 120 cm pour éviter de se pencher et limiter la fatigue au niveau du dos.**

**Deux options sont envisageables pour construire le support de la structure porteuse : soit des pieds en acier, soit des murets maçonnés.**

#### **Option 1 : structure porteuse en acier (Plan P1)**

**Une structure en acier reçoit la dalle porteuse et transfère la charge à 8 pieds en tube acier.**

- **Plan P1.** Acier pour structure porteuse : vous pouvez utiliser au choix des fers en L, fer en T, tube à section carrée ou rectangulaire d'une hauteur d'au moins 35 mm.

Si vous avez le choix :

\* les 8 **pieds** sont en tubes à section carrée de 35x35 à 50x50mm de longueur possible : 600 à 910 mm

\* la **structure périphérique** est constituée de 5 tubes à section carrée de 50x50mm et de longueurs : 1600 / 2500 (2600 - 2x50) / 900 / 920 / 700

\* le **pourtour du foyer** en 40x40mm. Possibilité également de prendre des fers en L de mêmes dimensions : 1 de 1090mm / et 1 de 750mm.

\* les **traverses longitudinales** 2 fers en T (pointe vers le haut) de 40 à 50mm de base et de longueur : 1710 mm – la section du tube de la structure périphérique. Ces traverses sont découpées et soudées qu'après assemblage des pieds avec la structure et le pourtour du foyer. **Ainsi vous pourrez les découper sur mesure.**

- selon la nature du sol, **il faudra souder un sabot aux pieds** pour éviter tout risque de poinçonnement du sol sous l'effet de la charge : plaque en métal de 100x100mm (voir plan). **A faire avant l'assemblage de la structure.**

- cette structure sera couverte de planches de coffrage ou plaque de bois (contre plaqué, osb, ou aggloméré hydrofuge de 18 à 25 mm) afin de couler une dalle porteuse en béton armé de 50 mm d'épaisseur. La dalle a pour objet de répartir la charge du four de façon équilibrée sur l'ensemble des pieds.

- l'usage de fers en T et en L pour la partie horizontale de la structure porteuse permet l'**encastrement des surfaces de coffrage (planches ou plaque de bois) dans la structure.** Ainsi, le béton viendra au contact des pièces d'acier.

Si vous utilisez des tubes à section carrée ou rectangulaire, il faudra y souder des pattes de support pour tenir les planches ou plaques de coffrages (voir plan).

- la hauteur des pieds est de 600 mm à 910 mm, leur nombre : 8. Les pattes de maintien du coffrage sont en fer plat de 2 ou 3 mm d'épaisseur et 50 mm de long **à souder sur les tubes avant leur assemblage.**

Une patte tous les 80cm environ, à adapter selon la taille des planches de coffrage. Possibilité de remplacer les pattes par des pieds temporaires (juste pour le coulage).

## **Option 2 : Structure porteuse maçonnés (Plan P1')**

**L'avantage est ici de pouvoir n'utiliser aucune pièce en acier pour la structure porteuse. Cinq murets sont maçonnés à partir de briques, parpaings ou pierres de 15 à 20 cm de large.**

**Des pièces de bois de type chevrons (60x80 mm) y seront encastrés pour recevoir le coffrage en bois brut ou contre plaqué.**

**La dalle porteuse sera coulée sur le coffrage, elle appuiera donc directement sur les 5 murs. Ses qualités mécaniques transféreront facilement la charge du four sur les murs.**

### **- Matériaux :**

\* 5 mètres linéaire de mur dont la hauteur dépend du niveau de la fondation par rapport au sol et de la hauteur d'enfournement souhaitée (voir « Murs ») + sable et ciment pour maçonner. Les matériaux pouvant être utilisés : parpaing, brique creuse, brique pleine, pierres.

\* chevron de 60x80 mm ou approchant : deux de 2600 mm / un de 1800 mm / un de 900 mm / un de 920 mm (à couper sur mesure)

\* planches de coffrage : 4,1 m<sup>2</sup> utile, mais avec des planches de 2 mètre cela amène à une surface brute de 5,2 m<sup>2</sup>.

\* planche de pourtour : elle bloque le béton sur les cotés et s'enlève après durcissement, 8,2 mètres linéaire en 150 mm de largeur voir schéma).

- **Évaluation du sol** : il est primordial de construire les murets sur une base stable, afin d'éviter tout affaissement avec le temps. Si le sol est à composante sableuse, limoneuse ou argileuse, il faudra creuser pour afin de déterminer la qualité du sous-sol.

### **- Fondations :**

\* Dans les cas les plus courants il sera nécessaire pour chaque muret de couler une fondation de 50 cm de large et 10 cm d'épaisseur à une profondeur de 50 cm en béton armé.

\* Une autre possibilité consiste à couler une dalle à l'emplacement du four et de maçonner dessus.

\* Si vous êtes sur du rocher, vous pouvez la nettoyer et couler dessus une petite fondation de niveau.

\* Si vous préférez ne pas utiliser de ciment, il faudra creuser jusqu'à trouver une structure de sol stable et monter avec un liant qui peut être à base de chaux un mur en pierres de 30 à 40 cm de large.

\* Enfin vous pouvez directement maçonner les murs de pierres sur le rocher à condition de soigner leurs « emboîtements » et le niveau horizontal et vertical du mur.

### **- Murs :**

\* ils sont maçonnés à la hauteur voulue : de 600 à 910 mm moins l'épaisseur des planches de coffrage. Si vous souhaitez une hauteur d'enfournement de 1,20 mètre et que vous utilisez des planches de 27 mm, alors vous devrez élever les murs à 910-27=883 mm, arrondi à 88 cm.

\* Pour plus de facilité, maçonner d'abord les murs extérieurs (notés 1, 2 et 3 sur le schéma P1') en vérifiant qu'ils soient de niveau (chaque mur doit être de niveau sur sa longueur et les deux murs doivent être de niveau entre eux). Puis finir de monter le mur intermédiaire en alignant son sommet aux deux autres murs grâce à un cordeau ou une règle.

\* Il comportent des encoches en partie haute d'une hauteur égale à la hauteur des chevrons additionnée de l'épaisseur des planches de coffrage. Dans le cas de chevrons de 60x80 mm et de planches de coffrage de 27 mm, les encoches feront  $80+27=107$  mm de hauteur.

\* les encoches sont alignées comme sur le plan P1' pour recevoir les chevrons.

- **Chevrons** : ils sont posés dans les encoches, de niveau, et scellés au mortier (sable+ciment). Des clous ou vis de 60 à 80 mm peuvent être fixés aux chevrons au niveau des encoches de scellement, le mortier en durcissant immobilisera ainsi définitivement les chevrons.

### - Coffrage (P'1) :

\* les planches sont clouées sur les chevrons et occupent toute la surface entre les murs, elle viennent à fleur du haut du mur.

\* attention, les planches dépassent du chevron du fond pour venir jusqu'à l'alignement extérieur des murs.

\* un coffrage latéral en planches ou contre plaqué vient autour de l'ouvrage, il permettent de couler la dalle porteuse et ensuite la dalle isolante (150 mm). Sa hauteur doit être de 60 (dalle porteuse)+150 (dalle isolante) + 27 (épaisseur du coffrage horizontal) + 80 (zone de fixation sur chevrons) ou 40 (si structure porteuse acier. Soit 317 mm pour une structure porteuse maçonnée et 283 mm pour une structure acier.

\* Pour une structure maçonnée, le coffrage extérieur est vissé sur les chevrons et planches de coffrage de la saule. Il est vissé à lui-même à chaque angle.

\* Vérifier que sa hauteur par rapport au coffrage horizontal est de  $150+60=210$  mm sur tout le pourtour.

\* Visualiser la hauteur de la dalle porteuse à l'intérieur du coffrage latéral en plantant légèrement des clous à une hauteur de 60 mm par rapport au coffrage horizontal. Lors du coulage, les clous serviront de repère, ils pourront être enlevés juste après. Attention, inutile de tracer un trait car il serait très rapidement recouvert de béton et s'avérerait inutile.

## 2/ Dalle porteuse (Plan P2)

- ferrailage : un treillis métallique pour béton armé est découpé et posé pour couvrir toute la surface coffrée (mailles 100 à 200mm, diamètre des fils 4 à 5mm). Attention, il doit y avoir un espace de 2 à 3 cm entre le treillis et le coffrage latérale qui fait le tour de l'ouvrage pour en délimiter sa forme (le treillis ne doit pas toucher le coffrage extérieur). Si vous disposez de longrines (armatures plates, soudées, vendues pour armer les murs sur leur longueur), vous pouvez en disposer sur le tour, à 3 cm du bord et la ligaturer au treillis soudé.

- béton :

\* il faut qu'il soit correctement dosé, soit 350 kg de ciment par mètre cube de béton. Le mélange sable-gravier utilisé doit comporter plus de sable que de gravier (poids de gravier= poids de sable x 1,8).

\* la surface de la dalle est de 3,67 m<sup>2</sup> arrondi à 3,7 m<sup>2</sup>.

\* le volume de béton nécessaire est de 0,222 m<sup>3</sup>.

Épaisseur dalle	Sable	Gravier	Ciment
6 cm	150 kg	270 kg	80 kg

\* A la bétonnière il est préférable de ramener ces proportions à 1/2 sac de ciment : 17,5 kg.

1/2 sac de ciment	sable	gravier
17,5 kg	33 kg = env 8 pelles moyennes	59 kg = env 14 pelles

\* Mélange : toujours commencer par mettre l'eau (1 seau de 10 litres), puis 5 pelles de gravier, puis le 1/2 sac de ciment. Laisser tourner la bétonnière et lorsque le mélange est homogène, continuer avec le sable et le gravier en alternance. Ajouter de l'eau dès que nécessaire, la texture doit toujours rester plastique. Attention à éviter la



formation de boules (trop sec) ou d'un bloc collant au fond de la bétonnière. Dans ce cas arrêter la bétonnière, gratter avec une truelle et remettre en route.

\* **Fibrage** : il est possible, pour améliorer les qualités mécaniques de la dalle d'ajouter au mélange en bétonnière des micro-fibres synthétiques. Ces paillettes se répartissent dans la masse et constituent un maillage résistant qui structure le béton. Une alternative peut consister à couper et effiloche des morceaux de 5 cm de ficelle de bottes de pailles en quantité suffisante et à les introduire dans la bétonnière.

\* **coulage** : verser le béton en soulevant le treillis au fur et à mesure du coulage. Le treillis doit être enrobé de béton, il faut un minimum de 2 cm de béton en dessous de lui. Pour faire remonter le treillis, il est utile d'utiliser un crochet en fer de la forme d'un piquet de tente. Il permet d'attraper le treillis et de le faire vibrer vers le haut, à espaces réguliers, pour qu'il remonte au cours du coulage. Attention de ne pas le faire trop monter non plus ! Pour obtenir une surface plane, talocher régulièrement lorsque le niveau de la zone en cours de coulage est atteint.

\* **durcissement** : si le temps est sec et venté, il faudra humidifier régulièrement avec un pulvérisateur pour éviter une déshydratation de surface qui ferait fissurer la dalle. Il est capital de maintenir la dalle humide durant les 8 premières heures. Attention à ne pas l'arroser, trop d'eau lessiverait la surface et affecterait la qualité du béton.

\* **décoffrage** : le coffrage extérieur peut être enlevé deux jours après le coulage.

### **3/ Les bétons isolants**

#### Usages

Le foyer sera constitué de briques isolantes et réfractaires que vous réaliserez avec ce mélange, ses caractéristiques thermiques permettront d'obtenir la combustion des fumées. Le béton isolant servira également à l'isolation du four et notamment à la dalle isolante présente sous la saule.

#### Textures

Nous vous conseillons d'utiliser deux textures de béton, une plus « plastique » pour la réalisation des briques du foyer et l'autre plus grumeleuse pour la dalle du four.

#### Natures

Une formule de base est indiquée ci-après, elle est constituée d'eau, de ciment et d'isolant minéral en vrac : vermiculite et/ou perlite.

La seconde formule permet le remplacement d'une partie du ciment par de l'argile en poudre. Ce mélange qui abaisse le bilan carbone de la construction mais également son coût peut être utilisé pour tous les bétons du four mais il est particulièrement préconisé pour la réalisation de la porte du foyer. En effet, ce mélange isolant sera cuit par la chaleur du foyer (supérieure à 1000 °C), pour donner une céramique isolante.

### **Mélange 1 : eau – ciment – vermiculite/perlite**

Pour une bétonnière incorporer

- \* deux sceaux d’eaux (20litres)
- \* 1/2 sac de ciment (17,5kg), laisser s’homogénéiser.
- \* Ajouter 3 sceaux de vermiculite et/ou perlite. Laisser mélanger.
- \* Ajouter 1 sceau d’isolant.
- \* Observer la texture, ajouter progressivement 1 sceau d’isolant tout en rectifiant si nécessaire par un ajout d’eau

**Attention : votre premier mélange vous servira à définir les proportions exactes en fonction de la nature des matériaux dont vous disposez. Il faut impérativement noter ces proportions et les faire ensuite légèrement varier selon la texture de béton recherchée : plus liquide ou plus granuleux.**

### **Mélange 2 : eau – argile – ciment – vermiculite/perlite**

\* pour les proportions du mélange, utiliser 9 kg de ciment et 9 kg d'argile en poudre.

**Pour des proportions plus riches en argile nous vous conseillons d'effectuer des test sur de petites quantités, de laisser sécher et éventuellement de cuire une brique pour observer la tenue de la matière.**

## **4/ Enceinte isolante du foyer**

### **Fabrication des blocs isolants**

- deux types de blocs sont nécessaires :

- \* 50 briques de 250mm x 100mm x 50mm
- \* 43 briques de 250mm x 80mm x 50mm
- \* 4 briques de clef de voûte, à sculpter sur mesure (250mm x 80mm, hauteur entre 80mm
- \* 2 spéciaux de x50x80 (gueulard) 270mm x 50mm x 80mm
- \* 1 plaque en forme de demi-cercle de diamètre 600mm (et de hauteur 300mm)

- réaliser un « quadrillage » en bois démontable dont les « cases » correspondent aux dimensions des blocs. Pour cela il faut utiliser des liteaux en bois de 50mm de côté et réaliser des rainures de 10mm de large et 10 mm de profondeur tous les 100mm sur la longueur du liteau. On réalise 4 liteaux comportant 11 rainures sur deux côtés opposés et 2 comportant 11 rainures sur un seul côté. Des morceaux de lambris de 9x50x260 seront ensuite coupés. On pose une bâche sur une surface plane, puis les liteaux en vis à vis, puis les lambris de séparation venant glisser dans les rainures. On vérifie la forme rectangulaire de la structure (les diagonales doivent avoir même longueur) ainsi que l'écartement de bord à bord de liteaux de 250mm et ce à chaque extrémité. On fixe une pièce de bois haute et une basse sont vissées dans chaque liteau. Le coulage peut débuter : attention à bien remplir chaque brique en faisant pénétrer la matière dans les angles pour éviter les bulles d'air ;

- la texture pour les briques doit être fluide mais pas liquide (de type pâte à gâteaux).

**Attention la présence de liquide au fond de la bétonnière ou du contenant pointe un excès d'eau : le mélange doit être homogène, à l'inverse l'apparition de grumeaux et boules indique un manque d'eau. Lorsque des boules sont formées il faut arrêter la bétonnière et les éclater mécaniquement.**

- Le détail des volumes de mélange nécessaire au coulage des briques est donné dans le tableau des matériaux mais il faudra au total environ 120 litres utile de mélange.

Matériau	Quantité
Ciment	17,5kg
Vermiculite	50 litres

Eau	20 litres
Volume utile	60 litres

### **Dalle isolante du foyer Plans P4 et P5**

- la position du foyer doit être tracée au sol : sa face avant est reculée de 40 mm par rapport à l'alignement de la face avant du four (porte du four) et sa face droite est dans l'alignement de la face droite du four (p5)
- tracer la position de la dalle isolante du foyer comme indiqué sur P5 : elle vient à 130 mm des bords droit et gauche du foyer, à 140 mm du fond. Sa largeur est de 540 mm et sa profondeur 870 mm
- calculer la hauteur de la dalle isolante du foyer (notée Hf). Pour cela nous pouvons prendre en repère la hauteur de la surface de la dalle porteuse par rapport au sol notée Hdp, ou la hauteur de la surface de la saule notée Hs. Comme indiqué sur le plan P4, calculer Hf avec :  
 $Hf = Hs - 880 = Hdp - 660$
- coffrer à la hauteur requise
- par soucis d'économie un premier béton sans vermiculite peut être coulé et les 100 mm de hauteur restante seront coulés en béton isolant (eau + ciment + perlite ou vermiculite ou billes d'argiles). Tout la hauteur peut aussi être coulée en béton isolant.

### **Murs latéraux Plan P6**

- vous aurez besoin de 50 blocs isolants de 250mm x 50mm x 100mm.
- monter les murs avec un mélange réfractaire : mortier réfractaire du commerce, mélange sable-argile (1 volume d'argile pour 4 volumes de sable). Penser à mettre du mortier sur la tranche des blocs isolants et taper légèrement la brique pour écraser les joints. L'épaisseur du joint au final ne doit pas excéder 5 mm. Il est conseillé de monter les blocs isolants de 2 à 4 jours après leur coulage lorsqu'ils sont encore très humide. L'accroche et le durcissement du mortier réfractaire sera optimal.

Si les blocs sont secs, les réhumidifier avant le montage en les faisant tremper au moins 15 mn dans de l'eau.

Le mur vient dans l'alignement de la face avant de la dalle. Utiliser un niveau à bulle de façon à maçonner bien à la verticale.

**Attention : chaque rangée de blocs est maçonnée en quinconce vis à vis de la rangée précédente , les joints d'une hauteur à l'autre ne doivent pas être alignés.**

- Les blocs de la dernière rangée sont taillés avec un léger biseau pour une meilleure répartition des forces avec la voûte . Avant de les tailler, mesurer la hauteur des murs et adapter leur hauteur afin d'obtenir une hauteur de mur de 500mm à partir de la dalle du foyer.
- De même, prévoir avant de monter la dernière rangée de briques de tailler les encoches selon les côtes de P6. Elles permettront de poser un réflecteur à l'intérieur du foyer pour améliorer la combustion des fumées. (P6, ). Le travail des blocs peut se faire à a meuleuse, à la scie, au ciseau à bois ou à la défonceuse. Les blocs peuvent aussi être coulés avec des réservation (polystyrène, bois,...) qui enlevées après séchage forment l'encoche.

**Attention le plan P3 est une vue en coupe de la partie inférieure du foyer mais le béton isolant ne doit être coulé qu'après avoir maçonné la voûte du foyer.**

- des réservations en bois, polystyrène,..., sont placées dans les encoches de 30x30x30mm pour éviter qu'elles soient bouchées par le mortier de montage de la voûte. Dans le cas de l'usage du bois, l'entourer de papier journal pour faciliter leur extraction.

### **Voûte et gueulard**

	Matériau	Quantité	Commentaire
Coffrage voûte	Contreplaqué 400x400, épaisseur entre 10 et 20m	1	
	Planches 60x770, épaisseur entre 15 et 20mm	20	
	Pieds de longueur 650mm	4	
	Vis	50	
Coffrage gueulard	Contre-plaqué ép20, 130x270	2	

	Contre-plaqué ép20, 130x120	2	
Evacuation secondaire	Tube rond diamètre 80mm, longueur 410mm	1	optionnel
Coffrage fronton	Planche largeur >50mm, longueur 440mm	1	Pas besoin si le fronton est en un seul bloc
	Pieds de longueur 490mm	2	
	Vis		
Coffrage foyer	Contre-plaqué ép20, 800x1170	1	Fond
	Contre-plaqué ép20, 155x1170	2	Avant
	Contre-plaqué ép20, 1010x1170	1	Côté gauche
	Contre-plaqué ép20, 1010x1170	1	Côté droit
	Contre-plaqué ép20, 40x845	2	Embrasure porte
	Contre-plaqué ép20, 450x820	2	Renfort intérieur
	Tasseau longueur 500	4	
	Vis acier auto-forantes		
	Vis		

#### a/ coffrage de la voûte (P6' et P7)

- La voûte intérieure suivra la forme d'un demi-cercle de rayon 220 mm.

Le mur du fond du foyer est maçonné selon ce demi-cercle. La voûte viendra ensuite se poser dessus.

- construire un coffrage pour pouvoir maçonner la voûte. Choisir les planchettes (maximum 60 mm de large) qui serviront au coffrage, leur longueur sera de 770 mm. Deux ou trois morceaux de plaque en bois (contre plaqué, aggloméré ou planches assemblées) découpés en demi-cercle donneront la forme de la voûte. Le rayon des plaques de bois doit être égal au rayon de la voûte moins l'épaisseur des planches de coffrage.

**Les demi-cercles obtenus seront réduit de 10 mm de chaque côté pour faciliter la mise en place et la sortie du coffrage après durcissement de la voûte.** Exemple : Si les planches font 20mm d'épaisseur, le rayon à découper sera de  $220 - 20 = 200$ mm (diamètre 400mm en hauteur, diamètre 380mm en largeur), et deux demi-cercles suffiront. Si les planches de coffrage sont inférieures à 15 mm d'épaisseur, trois supports sont préférables.

- Couper 6 liteaux de bois de 650mm de long, ils serviront de pieds au coffrage.

- fixer deux planches sur un premier demi cercle : une à chaque extrémité (vis ou clous). Avec une équerre vérifier que les planches sont perpendiculaires au demi-cercle. Positionner le deuxième demi-cercle, le fixer. Positionner le troisième et le fixer. Placer et fixer deux pieds par demi-cercle, il doivent dépasser de 500 mm.

**Attention, ce mode de fixation des 4 pieds devra être enlevé par le dessous lorsque la voûte sera maçonnée !**

- fixer les autres planchettes pour finir de couvrir les demi-cercles. Poser le coffrage dans le foyer et vérifier qu'il soit bien calé, en appui sur les pieds.

- il doit être positionné à environ 145mm ( $540-250/2$ ) de l'extérieur des murs droit et gauche et à 80mm du côté extérieur du mur du fond. Sa largeur est de 120 mm de bord à bord. La longueur de l'ouverture du gueulard de bord à bord **en ligne droite** doit être de 250mm.

- tracer également la position des deux blocs spéciaux qui viendront de part et d'autre du gueulard (bleu foncé en P6). Ils viennent à un côté et à l'autre de l'ouverture du gueulard, leur dimension au contact du coffrage est de 270x50, leur hauteur 80mm.

#### b/ coffrage du gueulard

- réaliser les découpes de pièces de bois pour réaliser le coffrage selon le plan P6', les assembler et positionner le coffrage du gueulard sur le coffrage de la voûte. Placer à l'intérieur du coffrage du gueulard deux vis fixée dans le coffrage de la voûte de façon à ce que ce premier ne puisse plus glisser et changer de position.

- vérifier que le haut du coffrage du gueulard soit aligné au haut du coffrage du four et du foyer.

### c/ Option : évacuation secondaire des fumées

- Une sortie secondaire à l'intérieur **du foyer permet d'évacuer les fumées lors de l'allumage jusqu'à ce que la double combustion soit atteinte (env 3mn) et également à la fin de la flambée, lorsque les braises restantes produisent des gaz et que la sortie principale du four a été fermée.**
- cette évacuation n'est pas indispensable mais elle apportera un confort d'usage.
- elle devra être obturée pendant toute la période de chauffe, soit par un clapet, soit depuis l'intérieur du foyer par un simple « bouchon » réfractaires
- la sortie secondaire pourra soit être connectée sur une évacuation de fumée indépendante (diamètre 125mm suffisant) si vous avez la possibilité d'en placer une sur le coté droit du four, soit être connectée par un tuyau positionné en oblique à la partie haute de la sortie principale du four.
- pour un meilleur tirage ce tuyau pourra être isolé avec un matériaux ignifugé (laine de roche + grillage + enduit chaud et/ou ciment)
- placer un tube de 80 mm de diamètre enrobé de papier journal au niveau de l'encoche de l'évacuation secondaire des fumées. Il part à droite, perpendiculairement à la paroi du foyer, en montant suivant une pente compris entre 20 et 40% et dépasse de 200mm à droite du mur isolant.

### d/ montage de la voûte (P6 et P7)

- vous aurez besoin de 43 blocs de 50x80x 250mm. Et de 4 briques plus larges pour la clef de voûte. À tailler sur mesure
- pour aller d'un mur à l'autre du foyer, l'arche comprend 14 lignes de 3 blocs posés sur la tranche. Le coté de 50mm vient donc contre le coffrage.
- maçonner une première rangée de briques sur les deux murs isolants en plaquant bien chaque bloc au coffrage de la voûte. Monter ligne par ligne en plaçant les blocs en quinconce d'une ligne à l'autre et en remplissant l'espace entre blocs de mortier. **Les lignes s'arrêtent à 50 mm de l'extrémité avant du mur du foyer.** Comme les blocs font 80 mm de haut, ils dépassent de 30 mm des murs latéraux.
- à chaque ligne lisser le mortier en le faisant bien rentrer dans l'espace entre blocs, c'est cette matière qui maintient la voûte en position.
- Au niveau du coffrage, les blocs sont au contact les uns des autres. Par contre leur partie haute est espacée d'environ 1cm : à chaque ligne posée, mettre du mortier sur le bord latéral d'un blocs de la ligne inférieure pour poser le bloc de la ligne supérieure. Tapoter pour écraser le mortier qui vient combler l'espace entre les deux blocs.

Si l'espace entre les briques est important, il est possible de mettre du mortier réfractaire (argile+eau+vermiculite).

### Option : tailler les briques de voûte en biseau

- les tailler à la meuleuse en biseau pour éliminer l'espace entre briques à l'extérieur de la voûte et ainsi éviter la grosse épaisseur de mortier
- nécessité de 6 briques de plus
- monter la voûte sur un arc d'environ 300mm à droite et pareillement à gauche du foyer.
- les deux rangées suivantes doivent intégrer les blocs spéciaux d'encadrement du gueulard. Toutes les briques au contact du coffrage du gueulard doivent être taillées sur mesure pour épouser parfaitement la forme du coffrage (ouverture légèrement plus grande en haut qu'en bas)
- **de même, du coté avant (fronton) découper (P7) et faire dépasser (de 20 mm) au moins trois blocs du bord de la voûte. Ils serviront à encre les trois blocs isolants qui constitueront le fronton du foyer.**
- pour les blocs constituant la clef de voûte, il sera peut être nécessaire de les retailler pour les adapter à l'espace restant.
- laisser durcir le mortier (2 jours minimum) avant d'enlever le coffrage : démonter d'abord les pieds, puis enlever la structure en demi-cercle en la décollant vers le bas, mais laisser le coffrage du gueulard.

### e/ Enduit réfractaire

- avant de placer le fronton, enduire l'intérieur du foyer avec un mélange réfractaire et isolant
- pour cela réaliser une barbotine d'argile (argile + eau) de la texture d'une pâte à crêpes
- incorporer de la l'isolant minéral et mélanger, les particules d'isolant doivent être entièrement enrobées d'argile et former un mélange pâteux.
- enduire d'environ 10mm les murs et la voûte intérieure du foyer



### **f/ encoches du foyer**

- tailler des morceaux de briques isolantes ou de brique réfractaire à la dimension des encoches laissées à l'intérieur du foyer (4 de 30x30x70 et 2 de 30x60x70mm)
- les sceller au mortier dans les encoches du foyer, elle dépasseront d'environ 40mm.

### **g/ fronton avant Plan P7**

**Option 1** : laisser le bloc du fronton tel quel

**Option 2** : le couper en trois parties pour éviter une fissuration centrale en raison des chocs thermiques (peut être inutile)

- tracer les trois morceaux qui constitueront le fronton comme sur le plan P7 : par rapport à l'axe de symétrie, le morceau central fait 120mm à la base et environ 180 sur l'arc du cercle. Les deux autres morceaux sont symétriques à droite et à gauche de celui-ci.
- découper à la meuleuse ou à la scie à dents fines.

- faire un coffrage bas qui supportera les trois éléments du fronton

Pour options 1 et 2 :

- positionner les éléments du fronton et marquer la position des points d'ancrage qui dépassent du bord de la voûte (utiliser un marqueur (peinture, graisse) appliqué sur les points d'encrage pour « marquer » le fronton)
- creuser une cavité pour chaque point d'ancrage et vérifier que les blocs de fronton s'encastrent bien (si possible utiliser une défonceuse avec fraise adaptée)
- monter le fronton au mortier colle réfractaire ou au mortier réfractaire.

### **h/ encadrement de porte Plans P8 et P1'**

- un encadrement en fer est posé autour de l'ouverture de la porte du foyer. Il servira à fixer, d'un côté, les charnières de la porte et de l'autre son système de fermeture. Il constituera aussi un élément de coffrage pour couler le béton isolant qui englobera le fronton sur une épaisseur de 40 mm. Il sera constitué de 5 éléments qui pourront en partie être pré-assemblés par soudure à l'arc avant la pose :

- **1 élément** de linteau (haut) en cornière de 20x20 ou 25x25mm, vient à l'horizontale à 25mm au dessus de la base du fronton. Cette pièce ne touche pas le fronton mais elle crée un espace de 40mm entre son bord le plus externe et le fronton (Voir P8 - vue du côté droit).

Il sera fixé d'un côté aux éléments de structure fixe (structure acier ou maçonnerie) situés à gauche de l'espace du foyer (point « A » du plan P1') et de l'autre à **1 pièce horizontale**, en acier (tube de 40x20mm par exemple), reliant l'angle avant droit de l'espace du foyer à l'angle arrière droit (point « B » à « C » du plan P1').

- L'élément de linteau (en vert sur P8) aura une longueur de 800mm moins la largeur de la pièce sur laquelle il est soudé à droite et plus la profondeur de son encastrement dans la structure porteuse dans le cas où celle-ci est maçonnerie.

- **1 cornière verticale** fixée à l'angle de ces deux éléments constituera un « pied ». Il matérialisera l'angle droit de l'enceinte du foyer et servira aussi de support de coffrage. Prévoir plus de longueur pour un encastrement dans le sol.

- **2 pièces verticales** de part et d'autre de l'ouverture de la porte (embrasures de porte). La pièce de gauche est décalée à gauche de 25mm du bord interne du foyer et la pièce de droite est décalée à droite de 25mm du bord interne du foyer. Ces éléments peuvent être en tube à section carrée de 40x40mm (Option 1 - P8), mais pour optimiser les qualités thermiques on peut utiliser de cornière de 25mm (Option 2) et créer comme pour l'élément du linteau un espace entre la structure acier et le foyer maçonnerie qui sera comblé par le béton isolant coulé. On réduit ainsi au maximum les ponts thermiques au niveau de la porte. Prévoir plus de longueur pour un encastrement dans le sol.

- les deux embrasures de porte peuvent être soudées à la cornière de linteau en atelier. L'assemblage final et les soudures au niveau de l'angle droit peuvent se faire en place.

### **i/ coffrage foyer (P8')**

- dans le cas d'une structure porteuse en acier, il vous faudra coffrer les deux côtés et l'arrière du foyer jusqu'au contact de la dalle porteuse. Si vous avez maçonnerie la structure porteuse (P1'), coffrez l'arrière et le côté droit. Le coffrage droit monte jusqu'à la hauteur Hs moins l'épaisseur des briques réfractaires qui constitueront la saule (30mm)

- pour coffrer la face avant vous pouvez utiliser des vis acier auto-foreuses pour fixer les panneaux de bois sur la structure acier montée précédemment. Les coffrages avant et latéral droit montent jusqu'à la hauteur Hs moins 30 mm.

- n'oubliez pas de coffrer le petit espace à l'intérieur de l'embrasure de porte qui sépare les cornières du foyer maçonné.
- placer à l'intérieur du foyer une plaque de bois contre chaque grand coté et des jambes de forces (pièces de bois) allant de l'une à l'autre. Cela permet d'assurer l'immobilité totale du foyer vis à vis de la pression latérale exercée par le béton isolant.

**Attention, veiller à la solidité du coffrage et l'usage de planches ou de panneaux de bois de 20mm d'épaisseur ou plus car la pression à la base du coffrage sera importante.**

#### **j/ Coulage foyer**

- préparer les matériaux : vermiculite, eau, ciment, bétonnière, pelles, truelles,
- humidifier les surfaces intérieures du coffrage et du foyer maçonné
- couler le pourtour

**Attention à la texture du mélange : il doit être homogène, il ne doit pas rester d'eau au fond du récipient qui le contient, mais il doit quand même avoir une structure relativement plastique.**

- couler l'enceinte isolante du foyer jusqu'au niveau du départ de la voûte. Veiller à faire pénétrer le mélange dans l'interstice entre les cornières d'embrasure de porte et le foyer maçonné au fur et à mesure du coulage.
- pour une hauteur de dalle de foyer  $H_f=100\text{mm}$ , le volume de mélange utile nécessaire est de 180 litres.

Matériau	Quantité
Ciment (1sacs 1/2)	52 kg
Vermiculite	150 litres
Eau	60 litres
Volume utile	180 litres

#### **k/ Coffrage dalle isolante (P1' - P8'')**

- nous utiliserons le coffrage ayant servi au coulage de la dalle porteuse et toujours en place pour couler la dalle isolante. Comme indiqué dans P1' le haut de celui-ci définit le haut de la dalle isolante : 130 mm au dessus de la dalle porteuse (trait bleu du plan)
- le haut du coffrage servira de règle pour niveler la dalle à inertie, sa position doit donc être précise.
- préparer des liteaux de bois qui serviront à créer une réservation sur la périphérie de la dalle isolante pour éviter les ponts thermiques. **Ces liteaux (40 mm X 20mm) seront inclus à la dalle lors du coulage et se positionneront l'un à la suite de l'autre à 40 mm des bords du four sur toutes la périphérie jusqu'à l'enceinte du foyer.**

#### **l/ Coffrage du gueulard (P6')**

- le trou du gueulard est légèrement plus grand coté four que coté foyer. Cette forme permettra de placer un habillage réfractaire fin pouvant être changé facilement (par simple emboîtement). Cette zone est la plus chaude du four avec des températures dépassant 1000 °C, il convient donc de la protéger de façon spéciale. l'extérieur du coffrage peut être imbibé d'huile pour limiter l'accroche du béton isolant sur le bois.

#### **5/ Dalle isolante (P4 – P9 – P9'')**

Matériau	Quantité
Ciment (5sacs 1/2)	192 kg
Vermiculite	550 litres
Eau	220 litres
Volume utile	660 litres

- le volume de la dalle isolante est de  $3,7 \text{ m}^2 \times 0,15 \text{ m} = 0,555 \text{ m}^3$  soit env 560 litres auxquels il faut ajouter 80 litres pour le pourtour de la voûte, soit environ **650 litres**.
- elle est constituée d'isolant minéral (vermiculite, perlite ou mélange des deux) , de ciment et d'eau. Si vous avez le choix, la perlite semble un peu mieux que la vermiculite pour sa meilleure résistance à la compression, mais un béton de vermiculite convient quand même très bien.
- coulage :
  - prévoir de l'eau, le ciment et l'isolant à proximité de la bétonnière.
  - faire le mélange comme précédemment mais un plus granuleux que pour les briques.
  - important : la première bétonnière permet de déterminer les quantités idéales, il faut les noter pour ensuite reproduire ces proportions. Plus la proportion d'isolant est importante, plus la dalle sera isolante, mais pour garantir la qualité mécanique il faut éviter les mélanges trop secs ou trop liquide.
  - Il n'y a aucun treillis métallique pour la dalle isolante.
  - Couler la dalle comme précédemment, en commençant par le coté gauche jusqu'à l'enceinte du foyer. Couler ensuite l'arrière de l'enceinte.
  - Pensez à créer une réservation sur la périphérie de la dalle, à 40mm du bord et de 10 à 20mm de profondeur. Pour cela inclure un petit liteau en surface de dalle qui sera enlevé après séchage ou incruster la forme du liteau par poinçonnement après avoir tiré la dalle (taper au marteau sur un liteau pour marquer la dalle).
  - Utiliser une règle (planche en bois, tube acier carré, règle en alu) pour tirer le niveau en s'appuyant sur le coffrage. Lorsque le mélange isolant arrive en haut du coffrage (130 mm d'épaisseur), on répartit la matière à la truelle et on tire la règle avec un mouvement de va et vient de gauche à droite, tout en avançant vers la zone en cours de remplissage. Un léger coup de taloche permet de lisser légèrement la surface et de la rendre homogène (mais elle restera granuleuse).
  - couler ensuite la face avant du fronton, les cotés et l'arrière de la voûte jusqu'au niveau haut de la dalle isolante (Hdp + 130mm) c'est à dire jusqu'à affleurement du sommet de la voûte.
  - placer la pièce de coffrage de 60mm d'épaisseur x 690mm de long, à l'arrière du foyer (trait vert sur P8'' et vue latérale de P9''), elle délimitera la surépaisseur de béton isolant qui caractérise l'enceinte du foyer.
  - sur la partie gauche de la voûte le béton isolant monte pour suivre sa forme jusqu'à la hauteur Hs-30mm (P4).
  - sur le haut de la voûte et jusqu'au bord droit la dalle isolante est tirée à la hauteur Hs – 30mm.
  - créer à la truelle ou par poinçonnement une rainure de rupture de pont thermique dans la périphérie de la dalle isolante de l'enceinte du foyer, dans la continuité de celle réalisée précédemment.
  - laisser durcir trois jours avant d'enlever le liteau de réservation.

## 6/ pourtour de la dalle à inertie (P9 – P9')

### Option 1 (P9 – étape 1) : blocs auto-construits

- un pourtour maçonné encadre la dalle à inertie
- usage de blocs de terre compressée de 50 mm d'épaisseur ou de blocs préalablement coulés dans des moules. Le mélange utilisé vise une forte résistance mécanique, il sera fait à la bétonnière dans les proportions suivantes : 1 volume de ciment + 1/2 vol de chaux + 1 vol de sable + 2 vol de gravier (de 5 à 15 mm). Les blocs sont coulés dans des moules de 200mm x 100mm x 50 mm d'épaisseur, puis démoulés et maçonnés sur un « lit » de 5 à 10mm de mortier réfractaire ou un mortier chaux+sable. Cette ceinture se positionne tout autour du four jusqu'à la surépaisseur due à l'enceinte du foyer (Pç – P10 – P10'). Ils sont posés au contact les uns des autres, côte à côte sur leur grande longueur (env 200mm) : **pas de mortier entre eux car il faut permettre la dilatation**.
- il est utile d'humidifier le support (dalle isolante) avant la pose et de tapoter les blocs avec l'aide d'un niveau pour créer une assise bien plane.
- vous aurez besoin d'environ 65 blocs de 100 mm de large x 200 de long et 50 d'épaisseur.
- couler ensuite la dalle à inertie à l'intérieur de cette ceinture (voir composition dalle à inertie ci-après)

### Option 2 (P9' étape 1) : blocs achetés

- idem avec des briques réfractaires, des dalles de béton vendues dans le commerce ou des briques de terre cuite.

## 7/ dalle à inertie (P9 étape 1' - P8'')

Sa surface est de  $1,99 \text{ m}^2$ , son épaisseur 6 cm, son volume  $0,12 \text{ m}^3$  : il faut donc réaliser 240 kg de mélange

Proportions du mélange pour la dalle à inertie

- agrégats : 80 kg de sable pour 120 kg de gravier (5 – 15mm)
- durcisseur : 20 kg de chaux pour 20 kg de ciment

### Réalisation du mélange :

- utiliser un contenant toujours identique pour servir de mesure : un seau de 10 litres est idéal
- peser un seau plein de sable pour déterminer le nombre de seaux nécessaires
- faire une ou deux bétonnières selon sa contenance
- mettre toujours dans l'ordre l'eau, le ciment, la chaux, le gravier, le sable et rectifier en ajustant la quantité d'eau
- laisser mélanger entre chaque ajout en vérifiant que la matière ne colle pas au fond ou ne fait pas de boules sèches.
- le mélange final ne doit pas être liquide, il doit avoir une texture granuleuse mais plus trop plastique (Attention aux excès d'eau en début de mélange!).
- bien répartir, faire pénétrer dans les angles, tirer la règle pour être au niveau de la ceinture maçonnée
- tirer la règle en s'appuyant sur le pourtour maçonné et talocher jusqu'au gueulard.
- la dalle à inertie vient s'aligner à la partie droite de l'enceinte isolante pour former un seul plan (P8 - P8'') qui servira de support aux briques de la sole

### **8/ Assise de mur (P9 étape 2)**

- maçonner l'assise du mur avec des **briques réfractaires de 30mm d'épaisseur**, largeur contre largeur (coté 100mm). Comme précédemment, ne pas mettre de mortier entre les briques mais seulement dessous ; au contact des blocs formant le pourtour de la dalle à inertie. Pour chaque brique bien tapoter et vérifier le niveau.
- si les briques absorbent trop vite l'humidité du mortier et rendent leur pose difficile, les humifier au préalable.
- le périmètre à couvrir fait 7500mm, soit 38 briques de 200x100.

### **9/ Sole (P9 – P10')**

- utiliser des **briques réfractaires de 30 mm d'épaisseur**.
- poser les briques comme sur le plan en progressant du coté gauche du four et jusqu'au coté droit
- veiller à poser les briques en quinconce d'une rangée à l'autre, des découpes seront nécessaires en bout de lignes
- surtout, ne pas mettre de mortier entre briques : le fin interstice présent entre elles à cause de leurs petites irrégularités constitue un espace de dilation indispensable pour chacune d'elle.
- arrivé au niveau du gueulard de l'enceinte isolante, continuer à maçonner les briques sur le béton isolant comme précédemment
- faire les découpes nécessaires pour arriver à l'aplomb du gueulard
- la sole sera couverte de 21 rangées de briques (200x100x30) comportant chacune 6,2 briques, soit 136 briques.
- vous serez peut être amenés à rectifier les quantités selon les dimensions de vos briques.

### **10/ Mur (P5 – P10 – P10')**

#### **Attention : utiliser des briques de 50mm d'épaisseur.**

- vous aurez besoin d'environ 38 briques par hauteur, soit 114 briques.
- tracer au bord de l'assise du mur la position de l'ouverture de la porte du four, sa longueur est de 800 mm (P5)
- maçonner le mur à l'aplomb du bord externe de l'assise du mur
- de préférence, utiliser un mortier réfractaire du commerce ou mortier colle réfractaire.
- utiliser truelle et niveau à bulle de façon à monter chaque brique bien à la verticale : c'est important pour sa résistance à la charge verticales
- maçonner la première ligne en commençant avec une demi brique sur un coté de l'ouverture de porte, puis de même de l'autre coté
- maçonner la deuxième ligne en commençant avec une brique entière sur un coté de l'ouverture de porte, puis de même de l'autre coté
- **attention aux angles : croiser la position des joints entre briques d'une ligne à l'autre**
- maçonner la troisième ligne en commençant par une brique entière mais décalée de 100mm par rapport au bord des deux lignes précédentes (P10 : Vue ouverture de porte de l'intérieur du four)

## 11/ Ceinture isolante (P9 - P9' - P9''- P5) et coffrage

- une ceinture isolante va être coulée tout autour du four, elle viendra enrober le pourtour de la dalle à inertie, l'assise du mur et le bas du mur.
- il faudra environ 101 litre de béton isolant, soit environ 3/4 de sac de ciment, 80 litres d'isolant et 30l d'eau.
- elle remplira la réservation réalisée dans la dalle isolante pour créer un rupture de pont thermique
- sa hauteur sera de 120mm sauf à l'emplacement de la porte où elle doit affleurer la saule et sur la face avant et le coté droit du foyer car la dalle isolante y est surélevée
- un coffrage doit être posé pour couler l'enceinte isolante, il sera fixé sur le coffrage existe de la dalle isolante et viendra le prolonger vers le haut (P9) jusqu'à la hauteur Hs+30 sauf à l'emplacement de la porte (P5) ou il est au niveau de la saule
- les détails des coffrages seront donnés ci-après

## 12/ Structure acier intérieure de l'ouverture de porte

Deux pièces en acier seront placées avant le coffrage et le coulage du pourtour de porte en béton isolant :

### Support de plafond

- une pièce d'acier constituée d'un fer en T et d'une cornière sont soudés comme sur P10, de longueur 1100 mm, est posé au sommet du mur de brique
- elle permettra la pose de fer en T constituant la structure du plafond du four

### Support de linteau

- une cornière de 25x25 mm, de longueur 900 mm est posée sur la deuxième rangée de briques (P10), le « creux » vers le haut
- elle servira de support au béton isolante du linteau de porte
- de petites pièces de renfort peuvent être soudées pour relier le support de toiture et le support de linteau

**Attention : la pièce constituant le cadre de support de porte et ses fixations (violet de P11 à P12) sera placée après le coffrage, le coulage et le décoffrage du pourtour de porte en béton isolant.**

## 13/ Coffrage de la ceinture isolante et du pourtour de porte (P11 - P11' - P11'')

- un coffrage de 120mm de haut est placé autour du four dans le prolongement du coffrage de la dalle isolante ( (2) sur P11'), sauf au niveau de l'ouverture de porte où il fait 90mm pour arriver dans l'alignement de la saule ( (1) sur P11)
- un linteau est placé sur la planche de coffrage de la porte pour créer un « escalier »
- le pourtour de la porte est coffré comme indiqué sur P11 – P11' - P11''
- ne pas oublier les liteaux coté porte : ils formeront une embrasure qui permettra l'encastrement de la porte en créant une rupture de pont thermique
- de même contre le mur de brique : la réservation créée par le linteau constituera une rupture de pont thermique entre le béton isolant et l'isolant en vrac qui viendra contre la mur de brique (en cas de difficultés de mise en œuvre cette pièce est non indispensable)

**Attention : dans le montage des différentes pièces du coffrage il faut impérativement penser à un démontage facile depuis l'extérieur car il sera impossible d'enlever une vis prise dans le béton isolant. Pour faciliter le démontage, les pièces au contact du béton peuvent être huilées avant le coulage.**

**Attention les pièces d'acier constituant le cadre extérieur de la porte (violet) ne sont pas incluse au coffrage.**

## 14/ Coulage (P11 – P11')

Couler dans l'ordre :

- 1/ la ceinture isolante autour du four (2) sur P11'
- 2/ la ceinture isolante devant la porte (1)
- 3/ placer la planche (3) en bas de l'ouverture de porte
- 4/ couler les deux embrasures de porte (4)
- 5/ couler le linteau de porte (7)



Pour chaque étape, bien faire pénétrer le béton avec la truelle pour éliminer les bulles d'air, on peut aussi tapoter avec un marteau sur le coffrage **mais pas trop** pour éviter une sédimentation des matériaux.  
Laisser durcir deux à trois jours avant de décoffrer.

## 15/ Pourtour de porte et fixation (P11 – P11'' - P12)

- le pourtour de porte est constitué de quatre cornières de 25mm formant un cadre épousant l'embrasure de porte du béton isolante (en violet) : 2 de 900mm et 2 de 310 mm
- les cornières sont découpées à 45° à chaque extrémité pour un assemblage par soudure
- les fixations sont constituées de deux cornières verticales soudées à la droite et à la gauche du cadre (25x25x1000) et d'une cornière horizontale soudée en haut du cadre (jaune sur P12)
- les cornières verticales sont fixées en bas au niveau de la dalle isolante ou de la structure acier la portant et en haut au niveau de la structure d'habillage du four. Pour rigidifier le haut des cornières verticales, elle peuvent être soudée à deux traverses rejoignant la structure d'habillage du coté opposé (voir P2)
- ces cornières de fixation serviront de support de fixation à l'habillage extérieur du four (contre plaqué, osb,...). Le coté ouvert de ces cornières sera donc toujours tourné à l'opposé de la porte (P12 – vues 1 et 2).
- il existe deux options de montage

1/ soit souder le cadre au préalable puis souder les supports de fixation au cadre (P12). Placer ensuite l'ensemble encastré à l'embrasure du béton isolant (un mortier colle réfractaire peut être utiliser pour faire joint entre le cadre acier et le béton isolant). Fixer ensuite les cornières verticales en haut et en bas.

2/ placer les cornières du cadre encastrées dans l'embrasure bien au contact du béton isolant. Souder sur place. Placer et souder ensuite les cornières de fixation.

**Attention : dans les deux cas vérifier la forme rectangulaire du cadre en mesurant les deux petits et les deux grands cotés ainsi que les diagonales qui doivent être identiques. Faire un point de soudure à chaque angle, vérifier de nouveau puis finaliser les soudures.**

## 16/ Porte du foyer (P13 - P13')

### Option 1 : deux battants sur gonds (P13)

#### Les battants

- la porte est constituée des deux battants notés A (340x480mm) et B (180x480mm)
- chaque battant est équipé de deux charnières et d'une poignée actionnant la fermeture.
- le battant B est ouvert lorsque le foyer est allumé, il est fermé après la flambée pour limiter les appels d'air dans le four et éviter ainsi que le rayonnement calorifique du four dans la boulangerie
- le battant B améliore le confort d'usage, il n'est pas vital au bon fonctionnement du four mais ses caractéristiques thermiques
- le battant A est ouvert pour le chargement, puis fermé durant la flambée.

#### L'isolation

- les battants A et B sont des portes isolées, le plan P13 montre une épaisseur d'isolation sous forme d'un béton de vermiculite coulé sur la tôle de chaque battant, mais l'isolation peut être augmentée selon les options 1 et 2 du Plan 14.

#### Charnières et poignée

- Les tôles des battants doivent d'abord être équipées des charnières, puis de la poignée
- la poignée est fabriquée à partir d'une fer rond ou d'une tige filetée de diamètre 8 ou 10 mm et 150 mm de long, de deux boulons pouvant rentrer sur la tige, d'une rondelle et d'une lamelle en acier de 10 à 15 mm de large par 45 mm de long et 1 à 2 mm d'épaisseur
- trouer la tôle à la moitié de la hauteur et à 30mm du bord gauche de la tôle
- couder la tige acier à 80 mm de son extrémité : attention la tige filetée casse plus facilement, il faudra la chauffer pour la tordre sans problème
- rentrer le premier boulon sur la tige, puis la rondelle
- placer l'ensemble dans le trou du battant
- rentrer le second boulon de l'autre coté de la tôle
- la lamelle qui sera soudée au bout de la tige devra forcer sur la pièce en acier formant l'embrasure de porte (P8 et P8'). Dans le cas de l'option 1 (embrasure avec tube de 40mm), il faudra réaliser à la meuleuse une fente verticale

dans le tube d'embrasure au niveau du point de contact avec la lamelle de la poignée de porte. La lamelle viendra alors pénétrer dans le tube à cet endroit pour placer la porte en position fermée.

- dans le cas de l'option 2, la lamelle vient prendre appui derrière la cornière d'embrasure de porte
- repérer la position de la lamelle par rapport à la direction de la poignée : en position ouverte la poignée part à l'horizontale droit et la lamelle à la verticale haut, en position fermée la poignée part vers le haut et la lamelle à gauche (P13).
- souder la lamelle à la tige en bonne position et la plier légèrement (P13)
- placer provisoirement en position et tourner la poignée au tout début de sa position fermée. Marquer la position du boulon extérieur sur la tige
- souder le boulon extérieur, vérifier la fermeture et souder le boulon intérieur (1 point de soudure suffit)
- faire de même avec l'autre battant

### Isolant

- un béton isolant va être coulé sur la tôle des battants
- une réservation sera faite autour du système de fermeture pour le préserver du béton isolant, elle constituera aussi une butée du système en position ouverte
- des vis seront placées dans la tôle du battant (points noirs sur P13) pour servir d'accroche au béton isolant
- un cadre en bois d'une hauteur de 40 mm servira de coffrage pour le coulage du béton. Du ciment fondu peut être ajouté au mélange pour améliorer la résistance à la chaleur
- si vous avez accès à de l'isolant minéral résistant au-delà de 800°C (souple ou rigide) vous pouvez le placer en superposition du béton isolant comme pour l'option 1 de P14 ou à sa place (comme option 2 de P14)
- une fois la porte réalisée, vous pouvez la placer et finaliser les réglages de fermeture d'abord en égalisant les pourtour des battants coté béton isolant afin qu'il soit bien au contact du foyer, puis en jouant sur la position de la lamelle afin d'optimiser la pression de fermeture de la porte sur le foyer

### **Option 2 : un battant sur gonds avec une partie basculante sur charnière (P13' + photos)**

- le battant A peut être simplifié : le béton isolant constitué d'argile/ciment/isolant minéral est coulé dans le cadre réalisé en cornière (pas de tôle)
- des vis auto-foreuses traversent le cadre afin d'être prises dans le béton : elles solidarisent le béton isolant au cadre
- le battant B est réalisé de la même manière
- il est fixé avec des charnières au battant A, il bascule vers le haut
- un contre poids (galet percé ou autre) est placé sur une tige d'acier soudée en sa partie basse : ce système plaque le battant sur l'ouverture du foyer
- une chaîne permet de le relever pour augmenter le passage de l'air et le tirage en régime de forte combustion
- le béton isolant va cuire avec la chaleur du foyer des cadres A et B
- un système de fixation s'appuyant sur les parties extérieures de la porte et du foyer évite tout pont thermique
- une plaque d'isolant minéral du commerce peut être collé (colle réfractaire) à l'intérieur de la porte afin d'augmenter l'efficacité thermiques

### **17/ Porte du four (P14 - P15)**

- le principe est identique mais les charnières sont en bas et la fermeture en haut.
- Les isolants utilisés peuvent être : béton isolant minéral coulé, plaques de laine de roche ignifugée ou tout isolant minéral en plaques résistant à 500°C

### **Option 1 : porte décalé vers l'extérieur**

La porte est décalée vers l'extérieur. La première couche d'isolant vient en appui sur la cornière de support de porte (P12), la deuxième couche vient en appui sur le béton isolant du pourtour de porte. La fixation de la poignée peut s'enclaver au choix sur l'une ou l'autre des cornières hautes (jaune et violette sur P14 et P12). Un tube carré de 30mm de section est soudé en bas comme support de charnières.

### **Option 2 : porte décalée vers l'intérieur**

La porte est décalée vers l'intérieur. La première couche d'isolant vient s'appuyer sur le béton isolant du pourtour de porte. Le système de fermeture peut s'ancler sur l'un ou l'autre des cornières hautes. Une plaque de 3 mm d'épaisseur est soudée en bas comme support de charnières

- la porte est constituée d'une tôle intérieure et d'une extérieure prenant en sandwich les plaques d'isolants
- 6 boulons maintiennent l'ensemble serré
- les dimensions des tôles et positions des trous sont indiqués sur P15

### **Option 3 : sans ponts thermiques**

- au lieu de faire traverser les vis part et d'autre de la porte, elles sont coulées dans le béton isolant
- les têtes de vis incluses au béton ne touchent pas la tôle extérieure et la chaleur qu'elles conduisent ne se communique pas facilement à la tôle extérieure (rupture de pont thermique)
- les options 1 et 2 restent valides
- on peut également envisager d'éliminer la tôle extérieure comme pour l'option 2 de la porte du foyer (P13')
- le système de fermeture peut être soudé sur les parties extérieures de la porte et du linteau de porte comme pour P13'

## **18/ Réflecteur de sortie (P16)**

- il est positionné sur la largeur du four juste avant la sortie des gaz
- à l'allumage du four jusqu'à l'obtention de la double combustion (de 3 à 5 mn) il est relevé : position ouverte
- durant toute la période de chauffe, il est abaissé : position fermée. Il laisse passer les gaz sur environ 25 mm au dessus de la saule par toute la largeur du four
- il est constitué d'une tôle d'acier de 3mm d'épaisseur de dimension 1290X285 mm soudée sur un tube acier à section carrée de 20 X 20 mm
- à chacune de ses extrémités deux fers ronds de 70 mm de long par 8 à 10 mm de diamètre sont soudés à l'intérieur du tube carré, contre le côté où est soudée la tôle, ils dépassent de part et d'autre de 40 mm
- pour souder le fer rond depuis l'extérieur à l'intérieur du tube carré, il est conseillé de faire une ligne de découpe sur la partie haute de celui-ci au point de contact entre les deux pièces : un cordon de soudure sur cette ligne pourra assembler les deux pièces.
- ces axes viendront dans deux encoches réalisées sur les murs du four de façon à ce que le haut du réflecteur soit dans l'alignement du haut du mur.

## **19/ Réflecteur d'entrée (P16 – P17 – P19 - P17')**

### **Option 1 : réflecteur suspendu**

- un élément coulé sera fixé contre le plafond à la verticale du gueulard
- il peut être coulé en forme de V (P17) pour favoriser un éclatement de la flamme mais peut aussi être plat
- il sera constitué soit d'un béton isolant (ciment, eau, isolant minéral en vrac), soit d'un mélange d'argile, ciment, eau, isolant minéral en vrac (le ciment permet d'éviter les fissurations au séchage). Dans ce cas l'argile cuira lors des premières flambées et donnera la résistance mécanique au réflecteur.
- dans le cas du mélange sans argile, du ciment fondu apportant de l'alumine pourra être ajouté au béton isolant pour une meilleure tenue aux hautes températures
- l'épaisseur du réflecteur sur l'arrête centrale est de 80 mm et sur les côtés latéraux de 20 mm
- un coffrage en bois est réalisé selon cette forme et le mélange y est coulé
- lorsque le mélange isolant a durci (2 jours), démouler et réaliser les trous de fixation à 50 mm des bords des angles (P17)
- appliquer une couche d'enduit réfractaire sur le côté qui sera frappé par les flammes
- préparer 4 vis acier de 8mm de diamètre par 80 à 100mm de long, 4 rondelles et 8 écrous, les placer en attente sur le réflecteur isolant

**Attention à ce que le réflecteur soit très sec pour le soumettre à la flamme.**

### **Option 2 : réflecteur posé (P17' sur le plan P20)**

- un premier élément en béton isolant est posé contre le mur juste derrière le gueulard
- il est coulé dans un cadre en bois posé une surface plane et lisse : une feuille de plastique permet d'éviter que le béton ne colle au support
- ses dimensions sont de 400 x 250 mm par 40 à 50 mm d'épaisseur
- un second réflecteur est coulé : 700 x 400 mm par 30 à 40 mm d'épaisseur

- Après deux jours de durcissement, les réflecteurs sont démoulés.

### **Option L1 et L2 (P17)**

- pour augmenter la protection des tôles autour du gueulard on peut ajouter deux plaques en béton isolant de 400 x 200mm et 25mm d'épaisseur

- elles viendront de part et d'autre du réflecteur d'entrée

Option plaques minérales

- le réflecteur peut être une plaque d'isolant minéral résistant aux hautes températures (matériaux utilisés pour les fours de potiers et autres fours)

## **20/ Eléments d'habillage du gueulard (P18)**

- réaliser des coffrages pour couler les plaques en forme de trapèzes qui viendront habiller l'intérieur du gueulard  
- l'épaisseur de ces éléments est de 20 mm

- vous pouvez soit couler le béton isolant (base argile ou ciment) dans des gabarits aux formes de trapèzes (P18), soit couler une plaque de 380x400 mm et découper les trapèzes à la meuleuse

- leur forme leur permet un emboîtement sans scellement

- les deux petits trapèzes comportent une encoche de 3 à 5mm de profondeur sur chaque petit côté (P18). Cette encoche évitera que les petits trapèzes ne basculent / permet d'emboîter l'ensemble. Elle peut être réalisée à la lime plate ou à la meuleuse

- positionner d'abord les deux grands trapèzes dans l'ouverture du gueulard, puis les deux petits

- vous aurez probablement besoin d'ajuster l'ouverture du gueulard et/ou des éléments d'habillage, soit en limant avec une rappe à bois (ou meuleuse) soit en comblant des irrégularités dans la forme du gueulard avec un mortier réfractaire ou un mélange sable 5 vol – argile 1 vol-argile

- **Attention, vérifiez bien les dimensions : l'ouverture du gueulard côté four doit être de 230 mm x 120 mm et côté foyer de 210 mm x 100 mm**

- vérifier l'état des plaques chaque deux ans

### **Option : enduit réfractaire**

- à la place des plaques moulées, on peut directement enduire les surfaces internes du gueulard soit au mortier réfractaire soit avec un mélange sable (5 vol) + argile (1 vol). L'état de l'enduit devra être surveillé une fois par an depuis l'intérieur du foyer et éventuellement rénové.

## **21/ Pose du plafond (P19 – P20)**

- une structure en fer en « T » sera posée sur le haut des murs latéraux ou sur le fer en U si l'option 1 est choisie  
- elle est composée de 4 fers posés sur la largeur du four (2 de 1460mm, 1 de 1450mm et 1 de 1430mm) ainsi que de 10 pièces plus petites venant dans le sens de la longueur du four et prenant appui sur les murs et les 4 fers précédents (6 de 500mm, 2 de 530mm, 2 de 226mm)

**Attention : \* voir étape « Evaporateur » avant la pose des fer en T !**

### **Si vous avez choisi l'option « Réflecteur posé » de l'étape 18 :**

- il vous faut souder un morceau de fer en « L » de 250 mm de long et 30 à 40 mm de côté pour créer un rail qui servira à glisser le réflecteur de plafond (P17) sur le plan P20)

- ce rail sera positionné axé à la position du gueulard.

- le réflecteur de 250 x 400 mm sera meulé en biseau sur son côté de 400 mm afin de s'appuyer sur le mur lorsqu'on le pose derrière le gueulard

- le réflecteur en béton isolant devra si nécessaire être meulé sur son côté de 400mm afin de réduire son épaisseur pour qu'il glisse facilement dans le rail

### **Option 1 (P19) : coiffe du mur**

Le haut des murs peut être coiffé d'un fer en U qui répartira la charge du plafond sur les briques de façon plus homogène. Il peut être fabriqué en soudant deux cornières en vis à vis

## **Il existe deux possibilités pour la pose des petits fer en T :**

### **Option A : superposition des T**

Comme sur P19, il sont posés tel quel sur les fer long (transversaux). Les plaques d'acier poseront donc sur les petits fer en T, mais pas les grands : un espace de 3 mm les séparera. Il est donc nécessaire avant la pose des plaques de mettre une fine couche de mortier fin le long des grands fer en T. La plaque d'acier l'écrasera pour former un « joint ». Ainsi le passage de particules du dessus du plafond à l'intérieur du four sera bloqué. On pourrait selon le même principe imaginer des morceaux de fer plat pour réaliser ce joint

### **Option B : alignement des T**

Elle consiste à découper les deux cotés de chaque petit fer en T de façon à leur enlever la partie plate qui faisait appui dans l'option 1. Leur niveau descendra donc pour s'aligner aux fer en T longs. Ils appuieront seulement sur la partie verticale du T mais seront stabilisés par la pose des plaques d'aciers.

- des plaques d'acier de 3mm d'épaisseur seront posées entre ces éléments pour fermer le plafond
- les dimensions de la structure permettent aux plaques de pouvoir dilater sans exercer de contraintes mécaniques sur elle : il y a un espace de 3mm entre les bord de chaque plaque et la butée des fer en T.
- une plaque d'acier est trouée pour assurer la sortie des fumées : le trou est situé à 25mm des bords d'un des angles de la plaque, il peut être rond (diamètre de 180 à 190 mm) ou carré (P20)
- dans le cas d'un trou carré (option en P20 : tôle en forme de L), la dalle à inertie coulée sur les tôles prendra la forme du cercle de 180 mm (voir plus loin « Dalle à inertie plafond »)
- un trou de 10mm de diamètre sera réalisé sur la même plaque pour faire passer le câble qui actionnera le réflecteur de sortie
- un tube cuivre de 10mm x 80mm sera introduit dans le trou avant le coulage de la dalle à inertie
- le trou et le tube peuvent être de diamètre inférieur (6 ou 8mm)
- les plaques d'acier qui viendront au dessus du gueulard sont trouées pour assurer la fixation des réflecteurs d'entrée en béton isolant ou isolant minéral du commerce

## **22/ Sortie des fumées (P20)**

- une plaque de 500x500mm est découpée pour assurer la sortie des gaz de combustion, elle sera placée comme sur P19, entre le réflecteur de sortie et le mur gauche.
- un morceau de tuyau de cheminée de 180mm de diamètre et 50mm de long est placé sur la tôle en prolongement du trou : si possible l'emboîter légèrement pour son maintien en place

**Option 1 :** couler un béton isolant de 450x550mm par 50mm d'épaisseur autour du tuyau à l'emplacement de la « boîte à fumées » de P21

**Option 2 :** suivre directement l'étape 23 en intégrant le morceau de tuyau à la dalle à inertie

## **23/ Evaporateur**

- pour produire la vapeur qui formera la croûte du pain il est possible soit d'introduire de l'eau en début de cuisson avec un pulvérisateur par la porte, soit brumiser de l'eau sur les pains avant enfournement, soit utiliser un système d'évaporation interne au four
- ce dernier peut être constitué d'un profilé en acier de la forme d'une gouttière ronde ou carrée de 70 à 80mm de coté par 1500mm de long
- il sera fermé a ses deux extrémités et rempli au 2/3 de sa hauteur de gravier ou de paille de fer ou d'innox qui permettront de produire rapidement beaucoup de vapeur
- ses deux extrémités sont obturées par une plaque acier soudée
- veillez à ce que les soudures soient étanches à l'eau car si elle tombe sur la sole à l'état liquide elle pourra détériorer le pain
- il peut aussi être fabriqué avec un tube acier à section carrée (ou ronde) découpé de bandes sur son coté haut afin de permettre la sortie de la vapeur
- l'eau y est introduite via un tuyau d'alimentation relié à une réserve (bidon de 5 à 10 litre) située à l'extérieur du four



- l'alimentation est actionnée par une vanne accessible depuis la face avant du four
- le bidon peut être gradué pour indiquer la quantité d'eau rentrée dans le four (3 à 4 litres semblent suffisant)
- la gouttière est placée à l'horizontale le long du mur faisant face à la porte, elle est fermée à ses deux extrémités pour ne pas laisser d'eau liquide sur la saule
- des crochets de suspente sont soudés aux fers en T de la structure du plafond, la gouttière vient s'y emboîter
- un trou de 10mm, noté « E » sur P19, permet le passage du tuyau d'alimentation
- comme pour le tuyau de passage il est préférable d'utiliser un tube en cuivre qui sera coulé dans la dalle à inertie du plafond et en ressortira
- soit ce tuyau ira jusqu'à la vanne, soit il s'arrêtera juste au dessus de la dalle à inertie pour être raccordé à un autre tuyau moins conducteur de la chaleur qui lui-même ira à la vanne
- Attention le tube en cuivre à la sortie de la dalle à inertie sera chaud (200 à 300°C), le tuyau auquel on le connecte doit résister à cette température.
- pour éviter les pertes thermiques on peut aussi garder le cuivre jusqu'à la vanne et isoler le tuyau avec un manchon isolant du commerce ou autre
- le bidon de 5 à 10 litres est suspendu à un endroit accessible pour son remplissage mais au moins 50cm au dessus du niveau de la gouttière
- il comporte une prise d'air en haut de façon à laisser descendre par gravité dans le four lorsque l'on ouvre la vanne
- l'évaporateur est posé sur des suspentes acier (fer plat de 3 à 5 mm d'épaisseur ou autre) en forme de crochets préalablement soudés aux 3 fer en T du plafond (1450, 1460, 1460mm de long) situés au niveau de la porte et à sa droite (P20)
- il peut aussi être posé sur deux morceaux de brique réfractaires collées contre le mur du fond

### **Montage**

- lorsque toutes les pièces ont été préparées, le réflecteur de sortie posé, on place le premier fer en T transversal (1430mm) du côté gauche de la porte
- placer les 2 fer en T de 530mm
- placer les 3 tôles dont celle ayant le trou de sortie des fumées
- placer les trois grand fers en T restant avec l'évaporateur
- fixer le câble acier inox au réflecteur de sortie
- placer les deux fers en T intermédiaires suivant pour placer la tôle comportant le trou pour le passage du tube d'alimentation de l'évaporateur
- vérifier que le trou tombe à l'aplomb de l'évaporateur
- placer la tôle comportant le trou de passage du câble de réflecteur et y faire passer le câble
- continuer ainsi avec les plaques du fond, puis la plaque comportant les trous de fixation des réflecteurs d'entrée (au dessus du gueulard)
- placer les réflecteurs en faisant passer chaque filetage de vis dans un tube situé au dessus de la plaque
- bloquer la position des réflecteurs avec deux écrous mais sans serrer en force les réflecteurs contre le plafond : au contraire laisser un léger de jeu
- la dalle à inertie enrobera les tubes et les vis resteront libres à l'intérieur des tubes
- Dans le cas de l'option L1 et L2, placer la plaque comportant les trous de fixation de L2 et faire de même
- terminer la pose des autres plaques

### **Option L1 et L2**

- faire les quatre trous de fixations supplémentaires (P20)

### **Option lumières**

- si vous souhaitez installer des points d'éclairage à l'intérieur du four utilisez des lampes de four résistantes à la chaleur)
- les points d'éclairages idéaux sont indiqués sur P19, attention de ne pas être trop près du gueulard (températures au dessus de 800°C)!
- faire les trous nécessaires au passage des câbles électriques et des fixations pour chaque point d'éclairage
- fixer les lampes aux tôles correspondantes avant de les poser
- prévoir l'interrupteur près de la porte d'enfournement sur la face avant

## 24/ Masse à inertie du plafond (P22)

### Ceinture à inertie

- utiliser des blocs pleins pour maçonner une ceinture sur les tôles de plafond à l'aplomb des murs.-
- vous pouvez soit utiliser des briques ou pavés béton, soit couler des blocs (sable – terre – ciment ou sable - ciment) d'environ 100mm de large par 50 d'épaisseur et 200 à 250 mm de long, soit utiliser des blocs de terre compressée
- les blocs sont maçonnés entre fer en T, l'espace entre deux blocs au niveau de chaque fer en T est rempli de mortier

### Protection des sorties techniques

- les sorties de fil électrique, câble du réflecteur, tube d'évaporateur sont entubées pour ne pas être remplies des matériaux pulvérulents qui seront déversés sur le plafond : masse thermique, isolant en vrac
- vous pouvez utiliser des tubes acier, aluminium, cuivre ou matière synthétiques résistant à la chaleur
- les tubes devront dépasser le niveau haut de l'isolation vrac, il feront donc environ 300 mm de long

### Masse à inertie du plafond

- un mélange selon les matériaux dont vous disposez de terre, sable et graviers est déversé à sec sur le plafond jusqu'à 5mm au dessus du haut des fer en T
- il est aplani et tassé
- ce mélange ne contient pas de durcisseur (ni ciment, ni chaux), il pourra facilement être enlevé pour permettre un éventuel démontage du plafond du four
- pour limiter la perte de vapeur on doit poser un frein à son passage à travers le plafond

### **Option 1 : dalles béton**

- on utilise des dalles d'extérieur (souvent en béton) que l'on pose sur le mélange sec en remplissant au mortier seulement les joints entre dalles, mais vous pouvez aussi, comme pour les blocs isolants, couler vos dalles dans avec un mélange sable-gravier-ciment ou sable-terre-ciment. Leur épaisseur est de 25mm et dimensions 400x400 à 500x500.

### **Option 2 : mortier**

- on coule directement un mélange sable-terre-ciment de 25 mm d'épaisseur à l'intérieur de la ceinture à inertie en créant des plaques de 500x500mm séparées de joints de dilatation
- pour cela on utilise un liteau bois de 25 mm d'épaisseur que l'on pose sur le mélange à inertie afin de créer une bande de 500mm sur la largeur de four
- on prépare des bandes de briques ou de carrelage (matériaux non inflammable) pour faire des joints de dilatation on place les joints de dilatation tous les 500mm et on coule en se servant du liteau comme support de règle. Celle-ci permet de tirer une règle pour répartir et niveler le mélange sur la bande
- faire de-même en déplaçant le liteau et en plaçant des joints de dilatation à son ancienne position

**Attention le mélange coulé doit être pâteux pour tenir lorsque l'on enlève le liteau pour couler une nouvelle bande.**

## 25/ Fermeture de sortie de fumées (P21)

### Clapet

- une boîte comportant un clapet coulissant isolé permet de fermer l'évacuation des gaz du four après la flambée afin d'éviter des déperditions thermiques importantes
- un clapet coulissant est réalisé en cornière de 20mm soudée
- il est conseillé de découper les extrémités de chaque cornière à 45° pour un assemblage des angles comme sur P21
- un trou de 6,5mm est réalisé à l'emplacement de la fixation de la tringle dont l'objet est d'actionner le clapet
- un écrou de 6mm de filetage est soudé à l'intérieur du clapet en face du trou. Pour cela visser l'écrou sur une vis passant dans le trou, maintenir le boulon en place contre la cornière et faire un point de soudure (ou brasure au chalumeau) puis enlever la vis. Si vous avez le matériel adapté vous pouvez également faire un filetage directement dans la cornière, dans ce cas, il faudra adapter le diamètre du trou à la filière utilisée.

**Option d'isolation 1** : une plaque en tôle est posée à l'intérieur du clapet et une couche de laine de roche ignifugée est posée dessus. Une autre tôle vient dessus et l'ensemble est légèrement serré par trois boulons à tête plate. Attention les têtes sont au dessous afin de ne pas constituer un obstacle lors du glissement

**Option d'isolation 2** : le clapet est posé sur un support plan recouvert d'une feuille de plastique et un béton isolant de 30 mm d'épaisseur est coulé

- une tige filetée de diamètre 6mm et de longueur 360mm servira de tringle, son extrémité sera tordue pour former une poignée (attention la tige filetée est cassante) mais on peut également la laisser droite et y fixer une poignée en bois

### **Support de clapet**

- le support de clapet sera réalisé en cornières soudées : le clapet viendra coulisser à l'intérieur du support.  
- un habillage en tôle de 50mm, ou du fer plat soudé sur la cornière amène les cotés à une hauteur de 50mm  
- un trou de 8mm est réalisé pour le passage de la tringle (attention à vérifier sa bonne hauteur)  
- 4 pattes soudées permettront son ancrage dans la dalle à inertie **Attention de ne pas utiliser de vis qui créeraient des obstacles au coulissement du clapet.**

### **Option 1 : coulage du couvercle sur place**

- après son placement sur la dalle à inertie, un béton isolant est coulé tout autour sur au moins 50 mm de large  
- une tôle de 500 x 400 mm comportant un trou de 180 mm de diamètre peut être réalisée et posée pour « fermer la boîte à fumées.  
- le tuyau d'évacuation des fumées peut être placé, il vient au contact de la tôle mais ne doit pas rentrer dans le trou afin de ne pas bloquer le mouvement du clapet  
- un cadre en bois de 40 mm d'épaisseur est placé en périphérie de la tôle  
- du béton isolant est coulé avec deux morceaux de matière rigide (plastique, aluminium,...) de part et d'autre du tuyau de façon à créer une dalle en deux morceaux et à favoriser ainsi un démontage éventuel (P20 - couvercle)

### **Option 2: coulage du couvercle en atelier**

- couler les deux parties du couvercle en atelier, sur un support plan recouvert d'une feuille de plastique et entouré d'un coffrage  
- un morceau de tube de 180 mm de diamètre sera placé en bonne position dans le coffrage et deux morceaux de matière fine et rigide viendront de part et d'autre du tuyau  
- après coulage avec du béton isolant et durcissement (2 jours), le couvercle est décoffré et ses deux parties sont positionnées sur le clapet à fumées  
- pour assurer l'étanchéité aux gaz du couvercle, une bande de mortier fin et assez liquide ou de joint réfractaire est posée sur le périmètre du support de clapet.  
- le couvercle viendra l'écraser  
- le tuyau de cheminée est posé  
- du joint réfractaire est également placé entre les deux parties du couvercle et entre le couvercle et le tuyau de cheminée de façon à assurer la plus grande étanchéité  
- deux pièces de serrages viennent maintenir les parties du couvercle en position ( fer plat recourbé aux extrémités)

### **Option : isolation du tuyau de cheminée**

- vous pouvez entourer le tuyau de cheminée de laine de roche (sans papier) et la maintenir avec un grillage souple  
- le grillage ligaturé à lui-même plaque la laine sur le tuyau et sert de support pour un enduit de parements  
- recouvrir d'enduit à base de terre, sable, ciment et/ou chaux

## **26/ Structure d'habillage (P2)**

- elle est soudée ou vissée sur la structure porteuse.  
- c'est une armature plus légère : fer en L ou bien tube carré ou rectangle de 20x20 ou 15x15  
- elle permettra la fixation de l'habillage extérieur (plaque acier ou aluminium 1mm ou panneau de bois contre plaqué ou osb) qui contiendra l'isolation en vermiculite ou perlite des cotés.  
- la pièce verticale de la structure d'habillage font 1000 mm de long sauf celle de l'angle du foyer qui fait 1100 mm et est soudée sur la cornière d'angle  
- on en compte une à chaque angle, une au milieu de chaque côté droit et gauche, deux sur le côté arrière et sur la face avant, le montage du pourtour de la porte à déjà intégré ces montants

**Attention, veiller à toujours placer la partie plate du fer en L coté extérieur du four car elle servira de support de fixation aux parements extérieurs.**

- d'abord souder les montants verticaux des angle à la structure porteuse ou les cheviller à la dalle porteuse si la structure porteuse est maçonnée
- attacher une ficelle tendue du haut d'un montant à l'autre, souder les ou le montant intermédiaire en veillant à leurs alignements haut. Faire de même pour chaque coté.
- relier ensuite le sommet des montants verticaux par des pièces horizontale de même section qui rigidifieront la structure d'habillage
- au niveau de la face avant du foyer une pièce horizontale relie le montant latéral droit de la porte du four à la cornière d'angle du foyer

**Attention, selon les dimensions de vos plaques d'habillage, la structure pourra être adaptée et les montants verticaux prendre d'autres emplacement et être plus nombreux**

- au niveau du bas de la structure d'habillage, des liteaux ou cornière horizontales viendront fermer l'espace entre montant vertical pour clore l'espace où sera déversé l'isolant en vrac

## 27/ Option d'isolation externe du mur

- il est possible de couler un béton isolant de 40mm d'épaisseur contre le coté externe du mur de briques réfractaires
- ce béton augmentera la tenue mécanique du mur mais reste optionnel
- on placera un coffrage pour couler le béton face après face
- le coffrage de la face gauche servira à droite, puis ses éléments pourront être réutilisés pour la face avant et arrière

## 28/ Habillage extérieure

- placer l'habillage en le fixant sur la structure à l'aide de vis autoforeuses ou tout autre système
- au niveau du foyer, vous pouvez découper l'habillage pour qu'il prenne la forme arrondie de la voûte du foyer (comme pointillé sur P8)

**Attention : l'habillage ne soit pas être fixé sur la cornière de linteau de porte du foyer en raison de la chaleur proche**

## 29/ remplissage isolant latéral

- déverser de l'isolant minéral en vrac dans l'espace entre le mur et l'habillage extérieure
- Option :** avant de mettre l'isolant en vrac, placer des plaques de laine de roche ignifugés (spécial inserts) contre le coté intérieur de l'habillage et remplir l'espace restant avec de l'isolant minéral en vrac. Cette configuration améliorera l'isolation.

## 30/ tuyau d'évacuation et isolant haut (P21)

- placer le tuyau d'évacuation en l'emboîtant légèrement dans le couvercle du boîtier de fermeture de sortie de fumées
- faire un coffrage
- verser de l'isolant minéral en vrac sur la masse à inertie du plafond jusqu'à une épaisseur de 200 mm ou plus
- Pour une isolation renforcée et limiter les pertes de vapeur, vous pouvez couvrir la vermiculite par des plaques de laine de bois rigide de 30 à 50 mm d'épaisseur.

### **31/ structure acier du foyer (P23 – P23')**

- Cette structure vient se poser à l'intérieur du foyer, elle permet la combustion du bois, la récupération des cendres et la circulation de l'air secondaire qui alimentera en oxygène la combustion des fumées au niveau de la voûte.
- elle est constituée de pieds verticaux (3 de chaque côté) en cornière et fer en T de 25mm sur lesquels sont soudés quatre cornières latérales (25mm) servant de glissières pour le cendrier et le grille du foyer et deux autres servant de support aux plaques de fonte entourant le foyer.
- les deux pieds centraux sur les côtés droit et gauche comportent un crochet soudé qui permettra d'encastrer les structures latérales servant à produire le mouvement de convection de l'air secondaire
- les côtés et le fond de la structure permettent de glisser des plaques de fonte : deux à droite, deux à gauche et une au fond
- une grille est posée dans la structure, elle recevra le bois et permettra aux cendres de tomber dans le cendrier qui se glissera entre les pieds
- la grille peut être réalisée en soudant des fer rond de 10 mm espacés d'environ 20 mm, ou vous pouvez acheter des grilles d'insert en fonte dans le commerce de la bonne largeur.
- le cendrier est une boîte en tôle de 2 à 3 mm d'épaisseur de la longueur de la structure acier du foyer

### **32/ structures latérales (P24)**

- elle permettent de capter la chaleur de la combustion primaire pour chauffer l'air dans l'espace compris entre le foyer acier et les murs en briques isolantes afin de créer un flux d'air chaud montant qui va alimenter la combustion secondaire plus haut
- elles sont constituées de tubes de 35x35mm (ou 30x30 minimum) taillés en biseau et soudés à écartements réguliers par deux fers plats. Le tout est soudé à deux pieds et mis en place par emboîtement au niveau du fer plat haut au crochet latéral de la structure interne du foyer.

### **33/ Mise en fonction du four**

- la mise en fonction devra se faire par étapes
- le réflecteur de sortie est mis en position levée
- un temps de séchage de trois semaines par temps non humide des derniers bétons coulés est nécessaire
- Attention : le bois doit être bien sec, fendu en des sections d'au plus 10 cm , l'allumage se fait avec du petit bois sec de façon à produire un bon départ.
- une première flambée de 15 mn est lancée, réflecteur et clapet de sortie restent toujours ouverts. On peut placer un petit morceau de béton isolant dans le four pour observer son aspect déshydraté.
- le lendemain, même opération
- le troisième jour on observe l'apparence des bétons isolants, leur couleur est un indicateur de leur degré de déshydratation et le petit morceau de béton dans le four sert de modèle (plus la matière est sèche, plus elle est claire)
- si nécessaire réitérer l'opération
- lorsque le béton semble bien sec, faire une flambée de 30 mn le matin et une le soir
- le lendemain faire une flambée d'une heure, en abaissant le réflecteur de sortie au bout de 10 minute.
- observer au cours de cette flambée l'état des fumées en sortie de cheminée, l'entrée en double combustion est indiquée par l'absence de fumées. A quel moment cela se produit-il ?
- la qualité et la section du bois est de première importance : la flamme doit largement sortir du gueulard dans le four.
- après la flambée, observer l'état du foyer, des fissures on pu apparaître en raison des dilatations. Si le séchage préalable à bien été respecté, elle seront de tailles modeste et non localisées en un seul endroit.

### **34/ Première cuisson**

## CONSIGNES D'USAGE DU FOUR ALPAGA

### Préparation

Préparer brindilles, petit bois et bois de chauffe plusieurs jours à l'avance, ils doivent être très sec pour un bon fonctionnement de l'Alpaga.

Privilégier des essences qui produisent de la flamme : le feuillard (être, frêne, aulme, peuplier, boulot, ... ) ou le châtaigner en alternance avec du résineux (pin, sapin, cyprès) est une combinaison idéale.

Des essences plus denses comme le chêne, produisent moins de flamme et ne sont pas idéales pour le four.

Le bois de chauffe peut faire de 50 à 70 cm de long et des sections de 5 à 8 cm maximum.

Remplir le bidon d'eau pour l'évaporation, une quantité de 2 à 4 litre est suffisante.

### Allumage

Préparer le feu avec du papier, des brindilles et du petit bois bien sec.

Lever le réflecteur de sortie et ouvrir le clapet de sortie de fumée (position poussée).

Fermer la porte du four.

Allumer en veillant à ce qu'il y ait rapidement de la flamme, fermer la porte du foyer pour favoriser le tirage. Les cinq premières minutes, un peu de fumée peut s'échapper par la porte du four ou du foyer.

Alimenter en petit bois et lorsque la flambée est vive ajouter des morceaux de bois plus importants.

Lorsque la double combustion est atteinte, après environ 10 minutes de flambée (plus de fumée visible en sortie de cheminée), abaisser le réflecteur de sortie pour favoriser les transferts de chaleur à l'intérieur du four.

Alimenter le foyer jusqu'en haut de la structure acier en veillant à laisser de l'espace entre les morceaux de bois pour le passage de l'air de combustion (ne pas les poser trop alignés les uns aux autres, mais un peu croisés).

En pleine chauffe vous pouvez relever la partie basse de la porte du foyer pour favoriser le tirage

En ouvrant la porte du four vous devez voir la flamme sortir du gueulard et frapper le réflecteur : si la flamme n'est pas visible, la chauffe n'est pas optimale

La durée de chauffe est d'environ deux heures. La température à droite du four sera d'environ 400 °C et à gauche autour de 200 °C

Laisser le bois restant se consumer en fermant le clapet de sortie de moitié : la chaleur tendra ainsi à s'équilibrer dans le four pendant 30 à 45 minutes

Dès que le feu est éteint fermer le clapet de sortie de cheminée (position tirée)

### Enfournage

Relever le réflecteur de sortie pour dégager la surface d'enfournement.

Enfourner en plaçant les pains selon leur taille : pour un même pain la cuisson sera plus rapide à droite qu'à gauche. On enfourne généralement les gros pains à droite et les petits à gauche.

Ouvrir le robinet du bidon d'eau.

Défourner selon cuisson (de 20 à 60 mn suivant grosseur).

Garder le four fermé après usage pour une conservation de la chaleur.

### Usage en feu continue

Possibilité d'enfourner des pizzas ou autres préparations avec le foyer allumé, le réflecteur de sortie baissé et le clapet de sortie de fumées ouvert. Dans ce cas une température interne du four de 200°C suffit car la flamme apporte le choc thermique nécessaire à la cuisson des pizzas.

### Cuissons et déshydratation

Vous pouvez cuire tous types de plats dans la plage comprise entre 100°C et 200°C.

La déshydratation des légumes (tomates) et fruits est possible entre 50°C et 80°C. Pour cela, placez les sur des grilles que vous posez sur des cales placées sur la sole. L'air chaud circulera sous les grilles pour s'échapper par la sortie de cheminée (clapet ouvert)

## Annexe 2 : Caractéristiques thermiques

### Caractéristiques thermiques de l'Alpaga

Double combustion à + 3 mn  
Température initiale : 20°C

temps	prise tp	Températures				
		Gauche	Milieu	Droit		
15 mn	sole	80	90	140	Combustion intense	
	plafond	130	170	270		
30 mn	sole	100	120	180		
	plafond	150	200	300		
45 mn	sole	130	160	270		Combustion modérée
	plafond	180	240	330		
60 mn	sole	160	190	300	Arrêt Combustion	
	plafond	200	270	380		
75 mn	sole	180	210	280	Arrêt Combustion	
	plafond	220	240	340		
100 mn	sole	200	220	290	Arrêt Combustion	
	plafond	220	260	340		
120 mn	Equilibrage des températures Clapet de sortie fumées fermé et réflecteur de sortie ouvert				Arrêt Combustion	

### Ce profil thermique est donné par un Alpaga comportant :

- une dalle isolante en béton de vermiculite
- une isolation latérale de 8 cm de laine de roche ignifugée (2x4cm) + 12 cm de vermiculite + 2 cm de laine de bois
- une isolation sur masse thermique du plafond de 20 cm de vermiculite + 4 cm de laine de bois rigide

La baisse de température est d'environ 5°C par heure durant les 15 premières heures, puis baisse progressivement selon la température du four.

L'ajout d'un matériau isolant rigide au dessus de la vermiculite couvrant le plafond semble améliorer l'isolation notamment en freinant le départ de vapeur.

Avec d'autres options de construction, la période de combustion intense pourra être allongée à 90 minutes, elle sera suivit de 30 mn de combustion modérée.

## Alter'éco 30

### Four à pain professionnel « Alpaga »

Liste des matériaux : les quantités pour les bétons isolants sont à moduler en fonctions de la nature des matériaux auxquels vous aurez accès.

Nom	matériau	longueur	quantité	Commentaire
<b>1/ Structure porteuse – option 1</b>				
Pieds	tube carré 30x30 à 50x50mm	600 à 900mm selon choix	8	choix hauteur du four
Sabot des pieds	tôle 3mm	100x100mm	8	
Structure périphérique	tube 50x50mm	1600	2	possibilité d'utiliser d'autres sections fer rectangulaire ou fer plein en « L » pas besoin si structure périphérique en fer en « L » Autres sections possibles
		2600	1	
		900	1	
		920	1	
Pattes de coffrage	fer plat 3mm	50x50mm ou autre	14	
Pourtour du foyer	tube 40x40	750	1	Autres sections possibles
		1090	1	
Traverses longitudinales	fer en T de base 40mm	1710	2	
Planches de coffrage	OSB ou contre plaqué ou planches Épaisseur 20 à 25 mm	610x2500	1	
		600x1700	1	
		320x1700	1	
<b>1/ Structure porteuse – option 2</b>				
murs	parpaing, brique, ...	150x200x500	40	cas de parpaing
chevrons		80x60x2600	2	
		80x60x1800	1	
		80x60x900	1	
		80x60x env 920	1	
Planches de coffrage	fond	4,1 m² utile	2	hauteur : 300mm
	Pourtour (2 hauteurs de 150mm)	8,2 m linéaire x 150mm		
<b>2/ Dalle porteuse</b>				
Treillis		2000x1000	3	
longrine		6000	2	
Sable	0 – 4 mm	150 kg		
Gravier	Env 5 – 15 mm	270 kg		
Ciment		80 kg		
Micro-fibres		3 sachets		



## Alter'éco 30

### Four à pain professionnel « Alpaga »

<b>3/ Enceinte isolante du foyer</b>				
<b>Murs</b>	briques isolantes	50x100x250	50	63 litre de mélange
<b>Voûte</b>	briques isolantes	50x80x250	43	43 litres de mélange
		80x80x250	2	2l / clef de voute
		50x80x270	2	2 litres
<b>Fronton</b>	brique isolante	Diam 540, h 300	1	9 litres
Total : 119 litres				
<b>4h/ Coffrage voûte</b> voir déroulé				
<b>Encadrement de porte</b>	tube carré 40x40 ou cornière 25x25	Hf+525	2	
	cornière de linteau 25x25	820mm	1	
	cornière d'angle 25x25	Hf+ 525 = max 845 mm	1	
<b>4, 5, 6/ Béton isolant</b>	briques foyer + dalle isolante			
	ciment	263 kg	8	sacs de 35 kg
	vermiculite et/ou perlite	750 litres	8	sacs de 100 litres
<b>6/ Pourtour de la dalle à inertie</b>	blocs béton ou terre cuite	200x100x60	75	
<b>7/ Dalle à inertie</b>	ciment	kg	20	
	chaux	kg	20	
	sable	kg	80	
	gravier (5-15mm)	kg	120	
<b>8/ Assise du mur</b>	briques réfractaires (200x100x <b>30mm</b> )		38	
<b>9/ Sole</b>	briques réfractaires (200x100x <b>30mm</b> )		136	
<b>10/ Murs</b>	brique réfractaire (200x100x <b>50mm</b> )		114	
<b>11/ Ceinture isolante + pourtour de porte</b>	béton isolant	101 litres		
	ciment	kg	35	
	isolant minéral	litres	100	
	eau	litres	40	
<b>12/ Structure acier ouverture porte</b>				
	fer en T + cornière soudée (P10)	1100 mm	1	
	cornière 25mm (cadre)	900 mm	1	
<b>15/ Pourtour de porte</b>	cornière 25mm (cadre)	900 mm	2	
	cornière 25mm (fixation)	310 mm	2	
	cornière 25mm (fixation)	1000 mm	2	
<b>Total briques 30mm : 174</b>				
<b>Total briques 50mm : 114</b>				

**Alter'éco 30****Four à pain professionnel « Alpaga »**

<b>16/ Porte du foyer</b>	tôle 3mm	340x480 mm		1
	tôle 3mm	180x480		1
	fer rond diam 8mm	150 mm		2
	boulon 10mm			4
	lamelle tôle 1 à 2mm	12x45mm		2
	rondelle 8mm			2
	isolant minéral : option	340x480 mm		1
		180x480 mm		1
<b>17/ Porte du four</b>	tôle 3mm	890x280 mm		1
		790x198 mm		1
	boulons tête plate	6x70 mm		6
	fer rond diam 8mm	150 mm		1
	boulon 10mm			2
	lamelle tôle 1 à 2mm	12x4 5mm		1
	rondelle 8mm			1
	isolant minéral	280x890 mm		1
	200x750 mm		1	
<b>18/ Réflecteur de sortie</b>	tôle 3mm	1290x285 mm		1
	tube carré 20x20	1290 mm		1
	fer rond diam 8mm	70 mm		2
<b>19/ Réflecteur d'entrée</b>	béton isolant			
	gabarit			
<b>21/ Plafond</b>	Fer en U (2 cornières de 25mm)		2190	1
	coté droit		1350	1
	coté gauche		1390	1
	à droite de la porte		490	1
	à gauche de la porte		590	1
	Fer en T de base 40mm		1460	2
			1450	1
			1430	1
			500	6
		530	2	
		226	2	

**Alter'éco 30****Four à pain professionnel « Alpaga »**

<b>Suite... 20/ Plafond</b>	tôle 3mm	500x500 mm	8
		196x500 mm	2
		196x378 mm	1
		378x500 mm	3
		500x350x228 mm	1
	Evaporateur fer en U ou tube carré de 80mm	1500 mm	3
	Lumière de four		2
<b>24/ Masse à inertie plafond</b>	ceinture : blocs	250x100x50	30
	Sable-gravier	100kg	1
	dalles 25mm	2 m <sup>2</sup>	1
<b>26/ Structure d'habillage</b>	cornière ou tube carré 20mm	1000 mm	9
		1100 mm	1
		2600 mm	2
		1750	1
		1600	1
<b>28/ Habillage extérieur</b>	Acier/ alu 1mm /contre plaqué 10mm	1000x8700 mm	1
	vis auto-foreuses		70
<b>29, 30/ Isolation latérale et haute</b>	isolant minéral vrac	800 à 1000 litres	8 à 10 sacs
	+ plaques laine de roche ignifugée		12 m <sup>2</sup>

**2 plaques de 2000 x 1000 mm**

nbre selon dimension des plaques

## Alter'éco 30

### Four à pain professionnel « Alpaga »

Récapitulatif des matériaux principaux : vous aurez probablement à réaliser des ajustements selon la nature des matériaux dont vous disposerez ainsi que les options de construction choisies.

Les quantités de ciment peuvent être diminuée par l'usage d'argile pour les bétons isolants.

\* selon choix de Hs

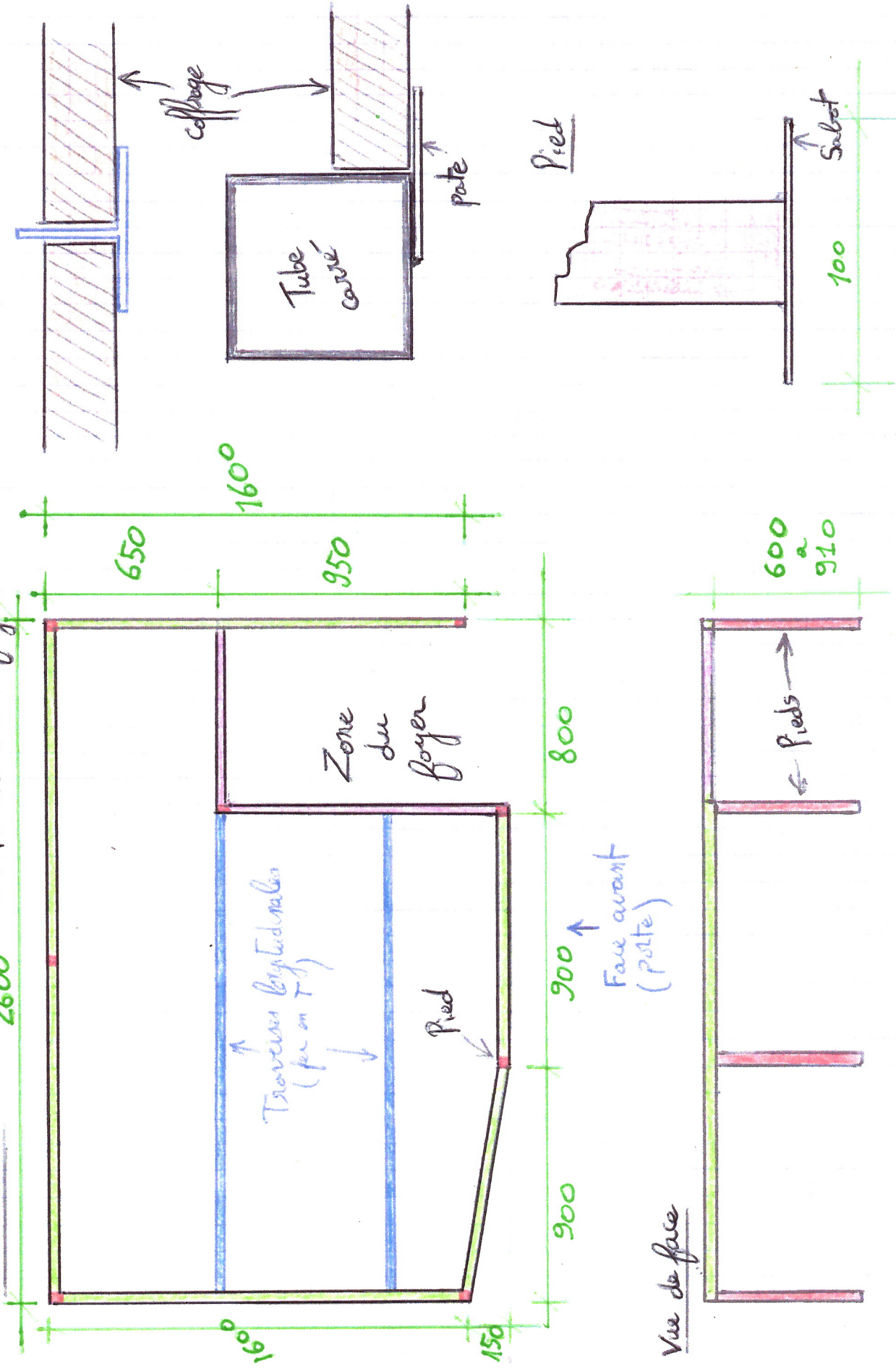
	Dalle porteuse	Dalle isolante + foyer	Dalle à inertie	Assise de murs + sole + murs	Ceinture isolante + pourtour de porte	Masse à inertie du plafond	Isolation murs et plafond	Total
<b>Sable (kg)</b>	150		80			50		<b>280</b>
<b>Gravier (kg)</b>	270		120			50		<b>440</b>
<b>Ciment (kg)</b>	80	263	20		35			<b>398</b>
<b>Chaux (kg)</b>			20					<b>20</b>
<b>Vermiculite et/ou perlite (litres)</b>		750			100		800 à 1000	<b>1650 à 1850</b>
<b>Blocs 200x100x60</b>			75					<b>75</b>
<b>Brique réfractaire 200x100x30mm</b>				174				<b>1740</b>
<b>Briques réfractaires 200x100x50mm</b>				114				<b>1140</b>
<b>Blocs 250x100x50</b>						30		<b>30</b>

	Structure porteuse	Pourtour Du foyer	Traverses longitudinales	Encadrement de porte foyer	Structure acier ouverture porte	Pourtour porte	Réflecteur sortie	Plafond et portes	Structure d'habillage	Total
<b>tube 50x50mm</b>	7620 mm (2 x 6m)									<b>7620 mm ou 2x6m</b>
<b>Tube 40x40mm</b>		1840 mm (1 x 6m)								<b>1840 mm ou 1x6m</b>
<b>Fer en « T » base 40mm</b>			3420 mm (1 x 6m)		1100 mm			8200 mm		<b>12720 ou 3x6m</b>
<b>Cornière 25x25mm</b>				3355 mm max	2000 mm	4420 mm*		10312 mm		<b>20087 mm ou 4x6m</b>
<b>Tube 20x20 mm</b>							1290 mm			<b>1290 mm ou 1x6m</b>
<b>Tôle 3mm (2mx1m)</b>								2 unit		<b>2 tôles</b>
<b>Cornière ou tube Carré : 20 mm</b>									18650 mm	<b>18650 mm ou 4x6m</b>

P1 Structure porteuse

Pieds (8 au total)  
 Traverses longitudinales  
 Structure périphérique  
 Ponton du foyer

Vue de dessus  
 2600  
 1600  
 900  
 900  
 150  
 800  
 900  
 600  
 910

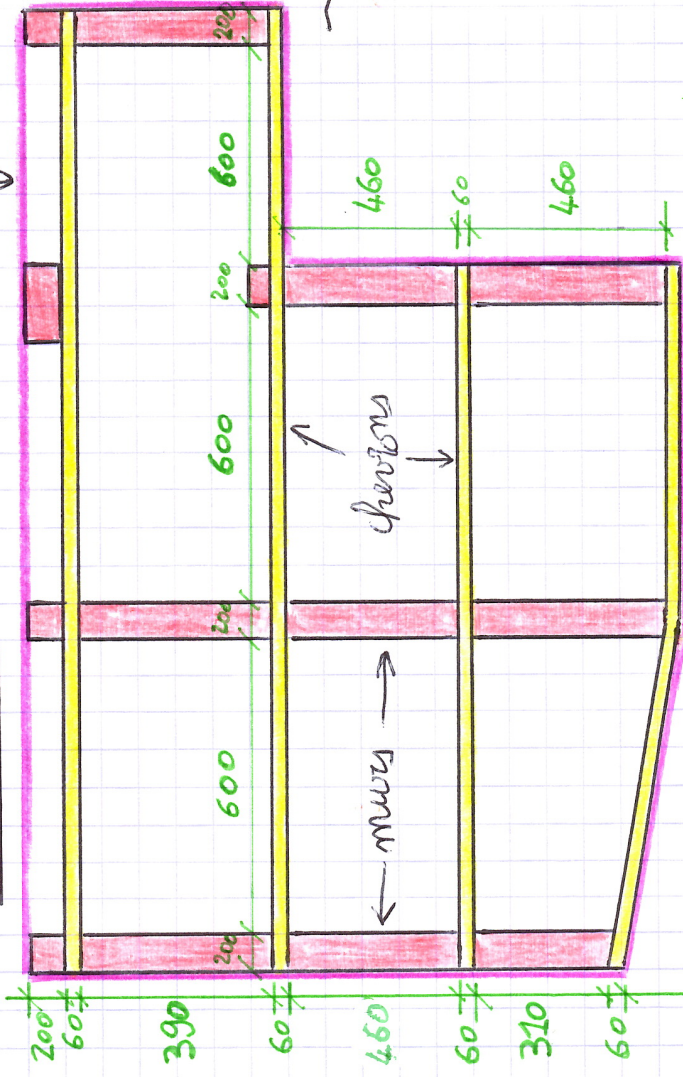




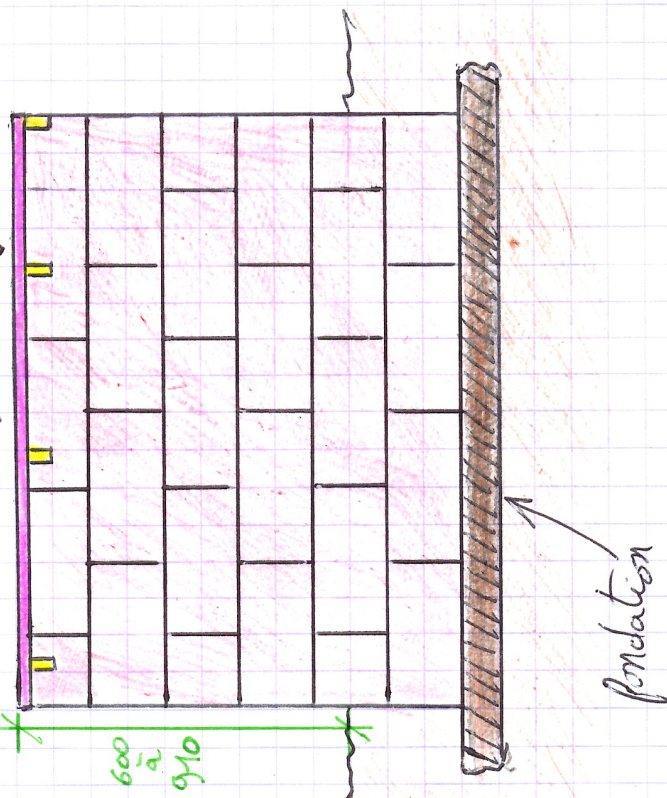
(P1)

# Structure potreuse maçonnerie coffrage lateral

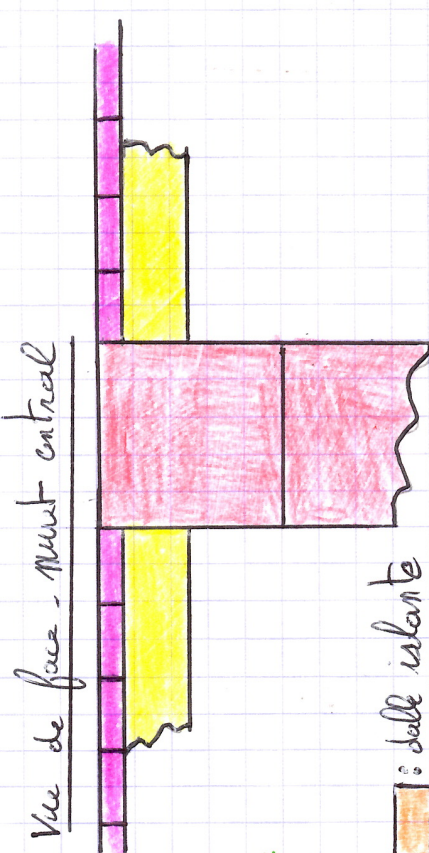
Vue de dessus



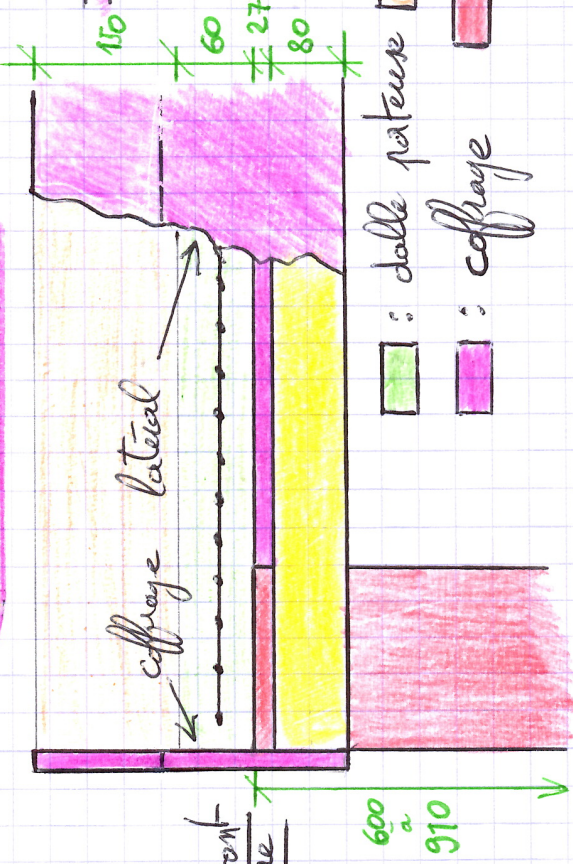
Vue laterale gauche



Vue de face - mur central



Vue face avant  
1/20 coupe

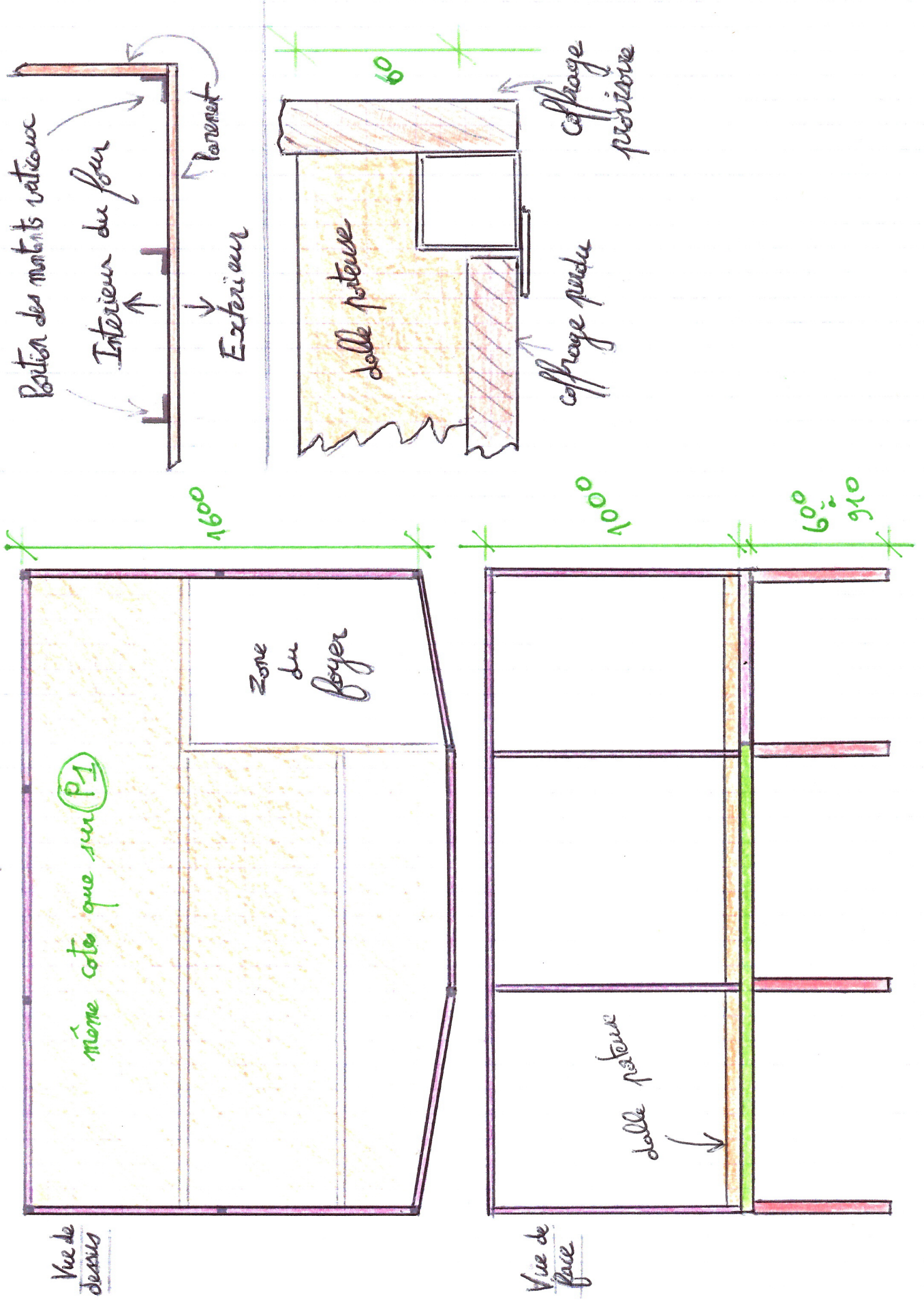


- : dalle porteuse
- : dalle isolante
- : murs
- : chevrons
- : coffrage

Fou à pain - Alter éco 30 - 2018



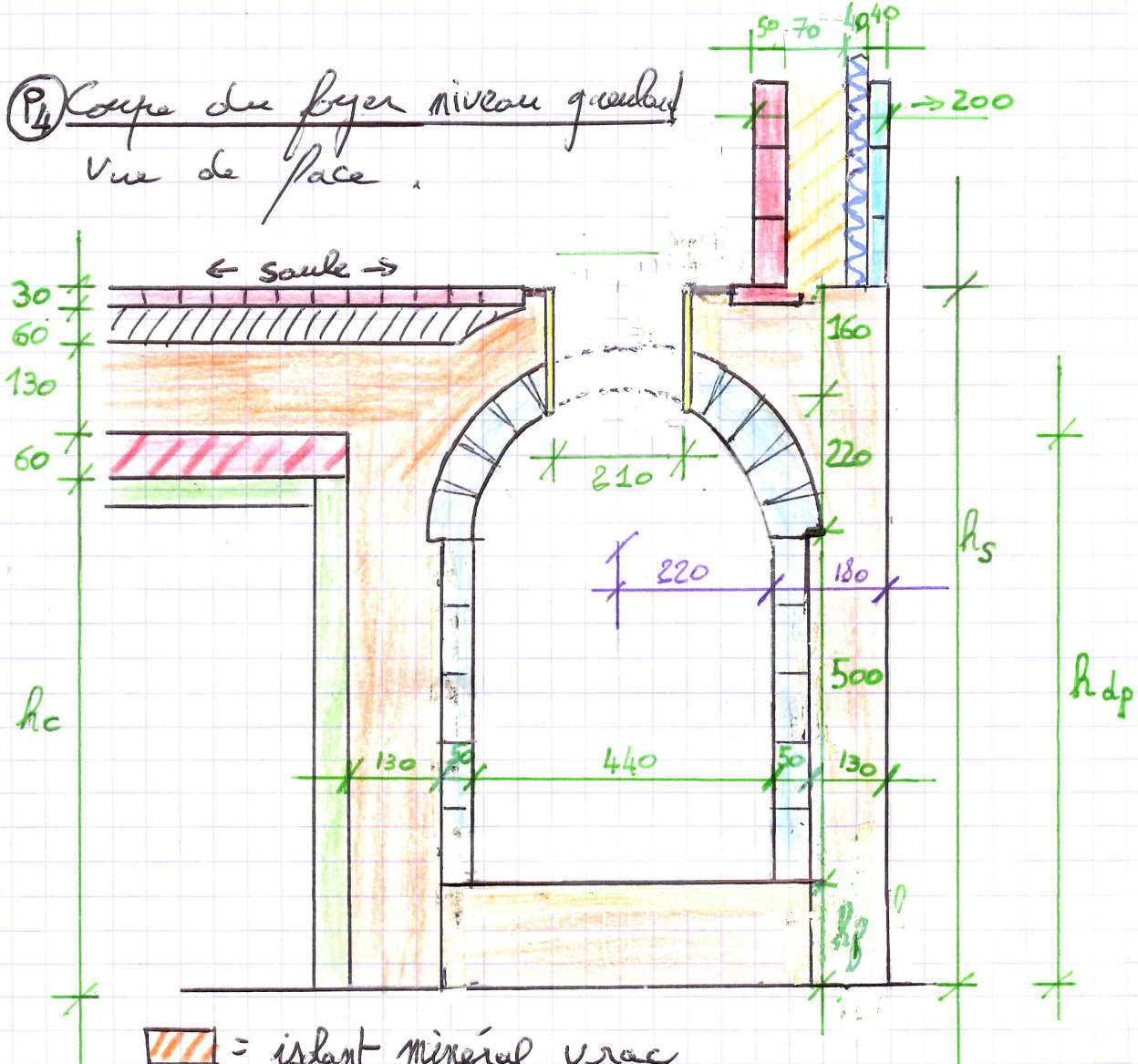
P2 Structure d'habillage







④ Coupe du foyer niveau quai  
Vue de face.



 = isolant minéral vrac

 = isolant minéral rigide haute température.

$950 < h_s < 1.200$  au choix

$h_c = h_s - 280$

$h_{dp} = h_s - 220$

$h_f = h_s - 880 = h_{dp} - 660$

•  $h_c$  = hauteur du coffrage


•  $h_{dp}$  = hauteur de la surface de la dalle porteuse

•  $h_s$  = hauteur de la surface de la saule


•  $h_f$  = hauteur du foyer.

 = dalle porteuse

 = béton isolant

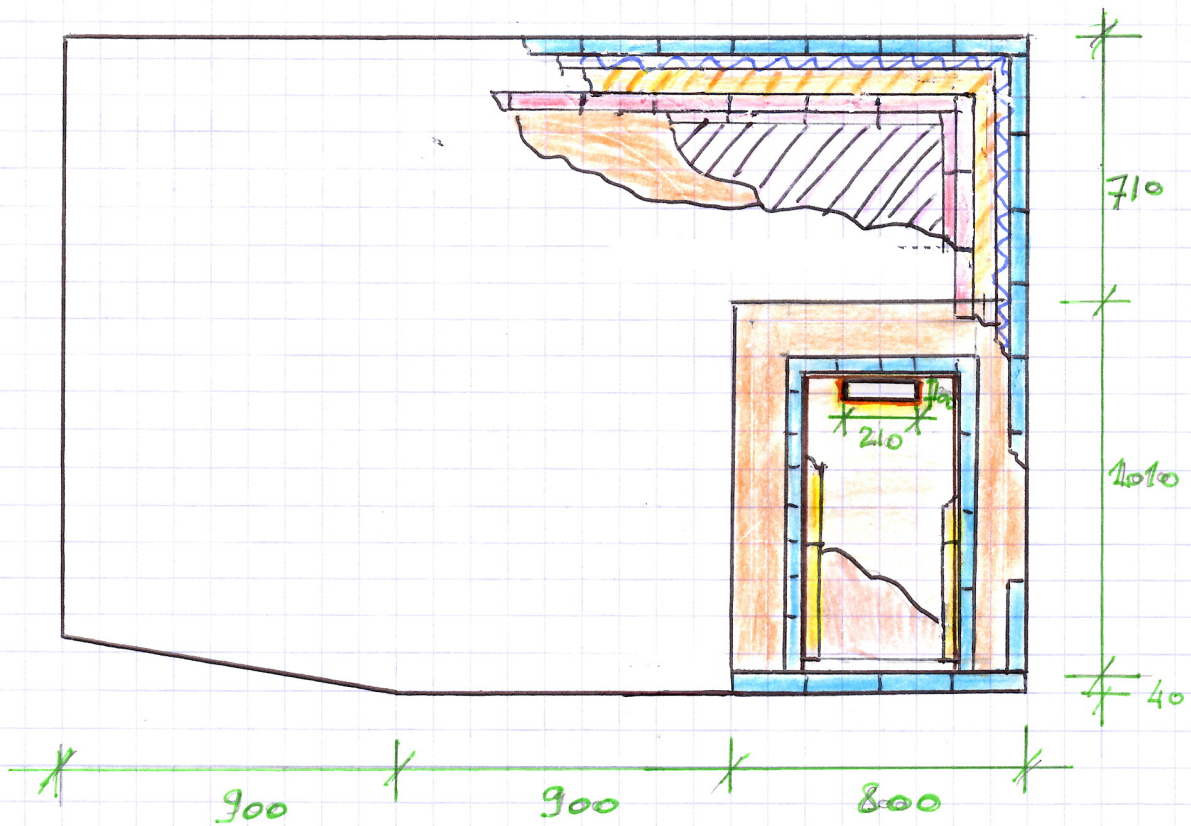
 = blocs isolantes








 = dalle à inertie

 = isolant minéral rigide (laine roche inséparable)



①5 Foyer - murs - dalle  
vue de dessus

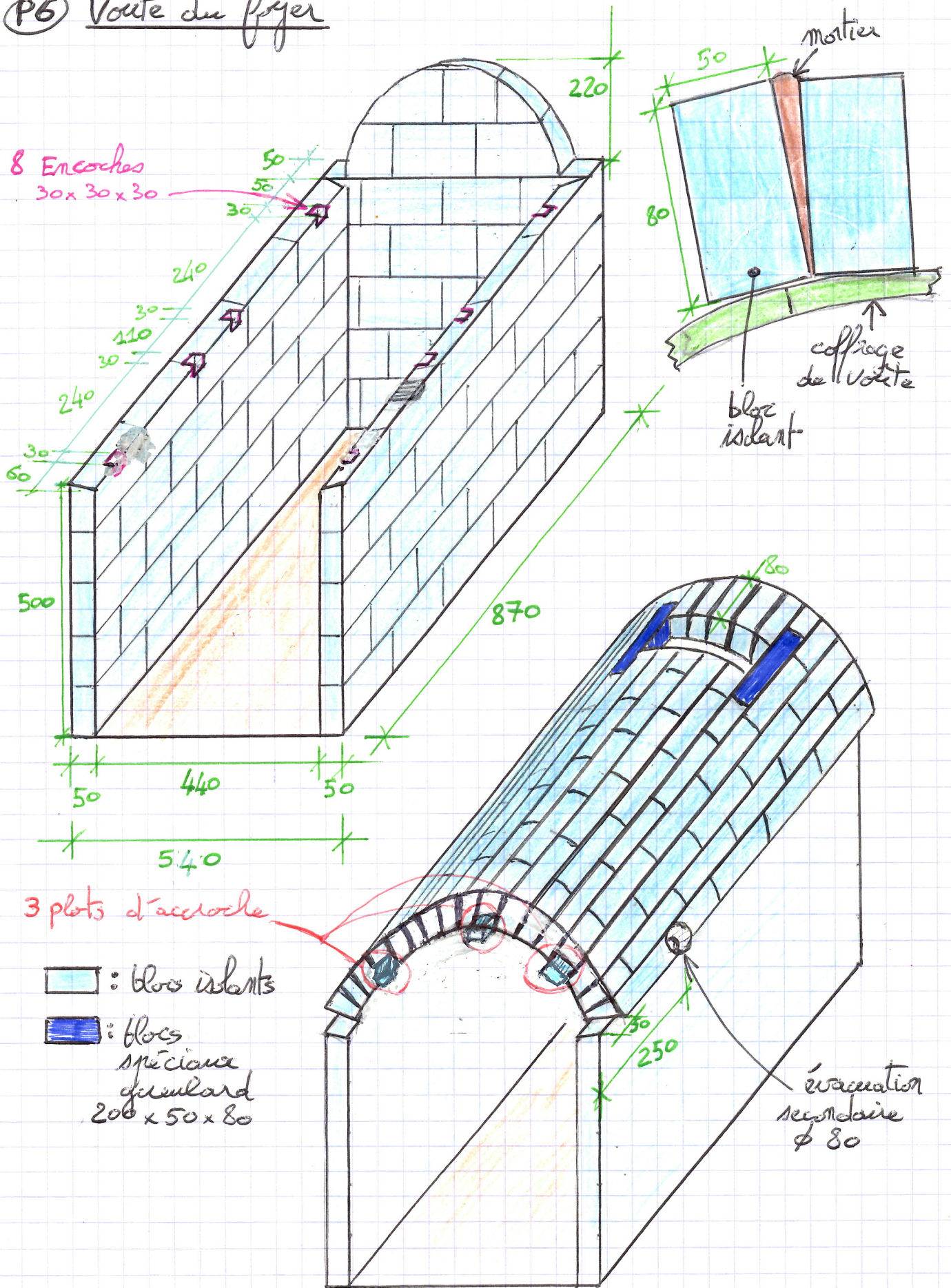


-  = blocs isolants
-  = béton isolant
-  = isolant minéral urac
-  = dalle à inertie
-  = enduit réfractaire
-  = isolant minéral ignifugé [ facultatif ]  
(Type laine de roche)
-  = isolant minéral rigide haute température

Grilland : 210 x 100 utile

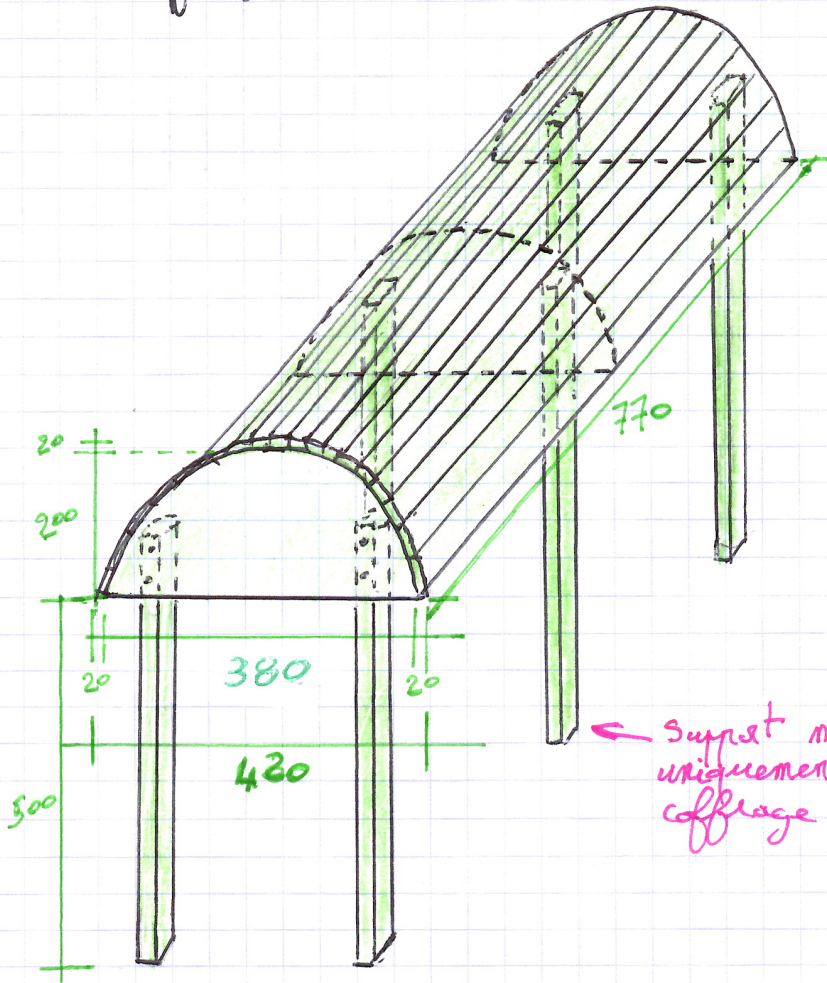


# P6 Voûte du foyer



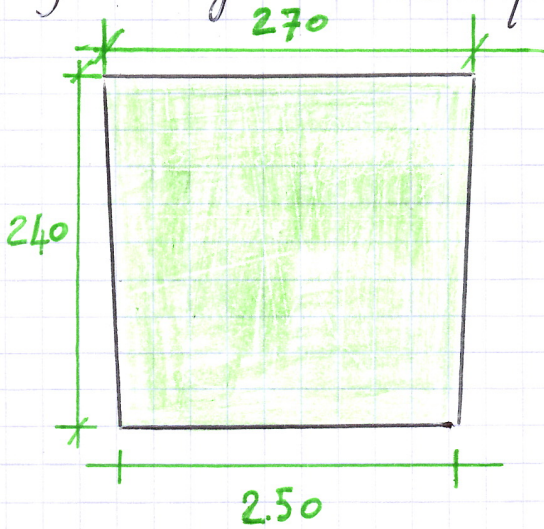


P6 Coffrage de voûte 3D

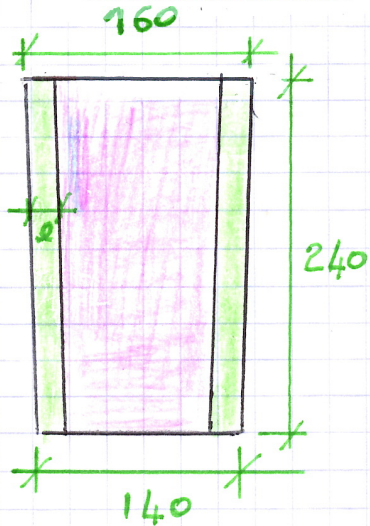


← Support médian utile uniquement en cas de coffrage fin < 15 mm d'épaisseur.

Coffrage du gaeulcaré - Vue de face



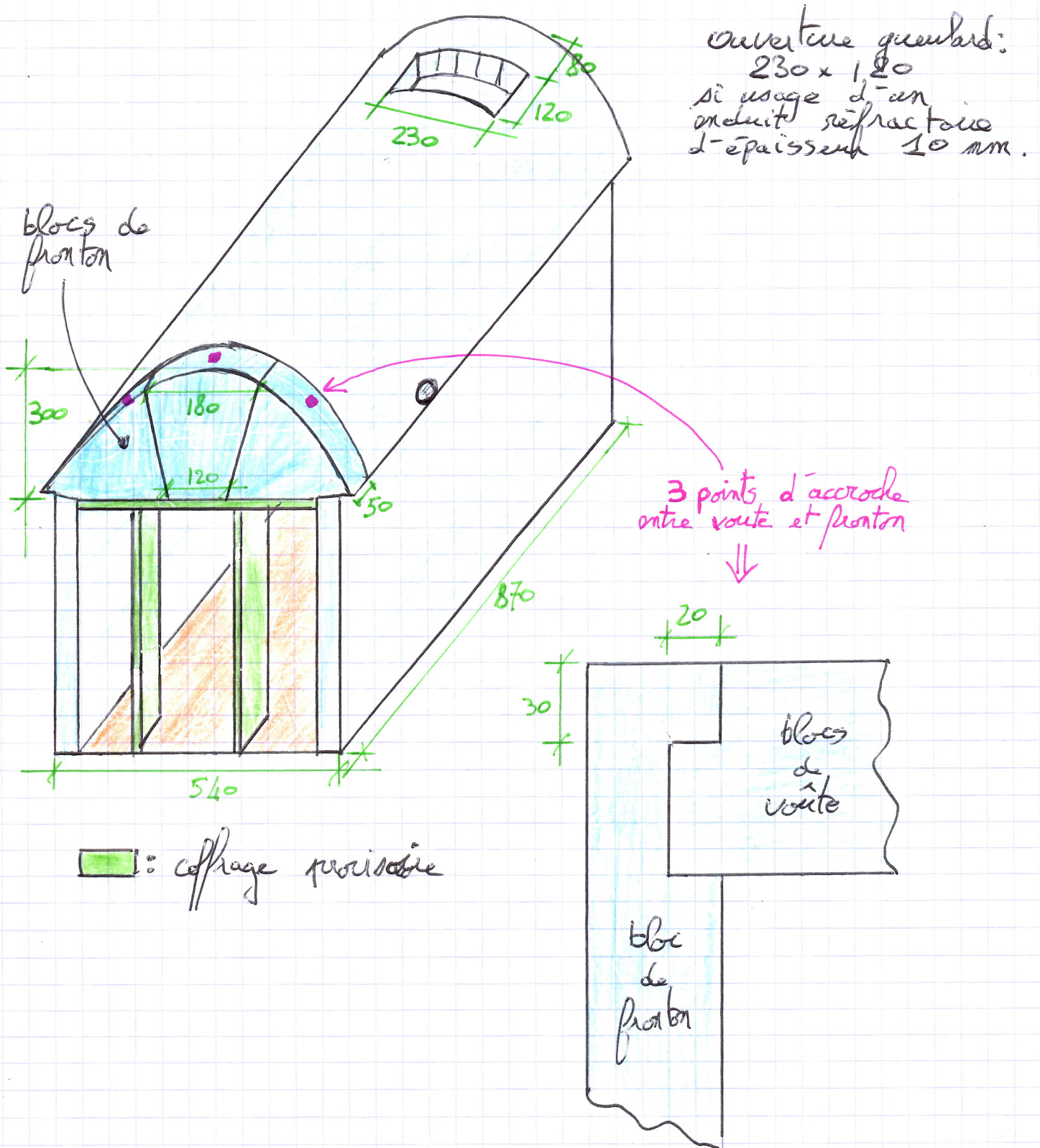
Vue latérale



$e$  = épaisseur de la plaque de coffrage

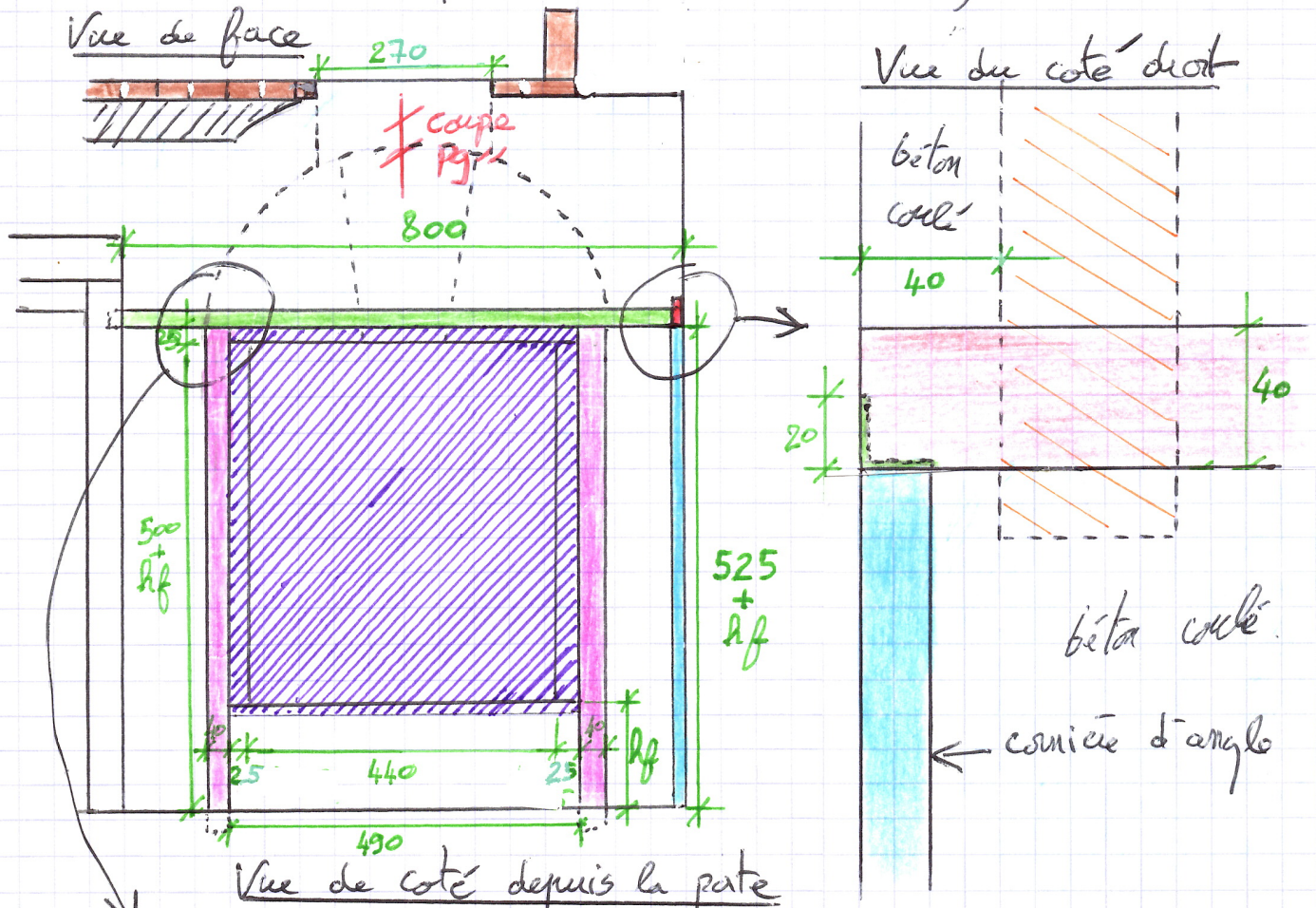


# (P7) Fronton du foyer



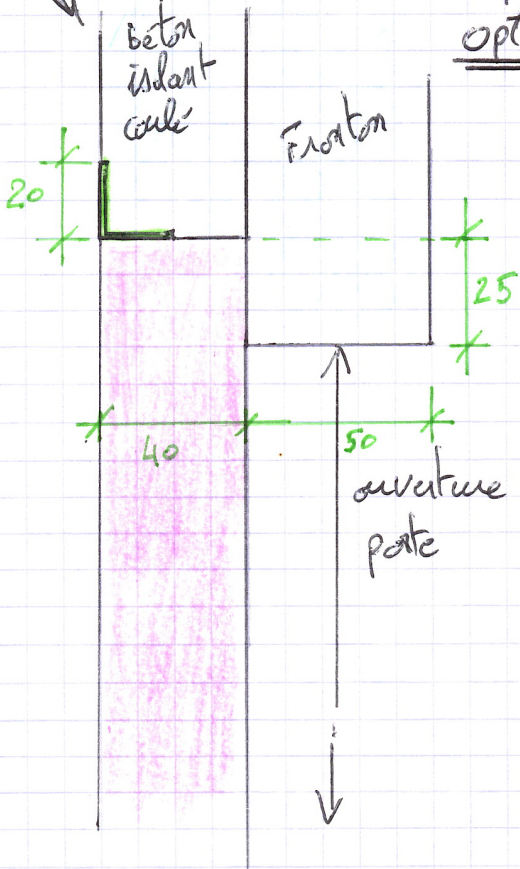


⑧ Embrasure de porte et support de collage du fronton.



Vue de côté depuis la porte

option 1



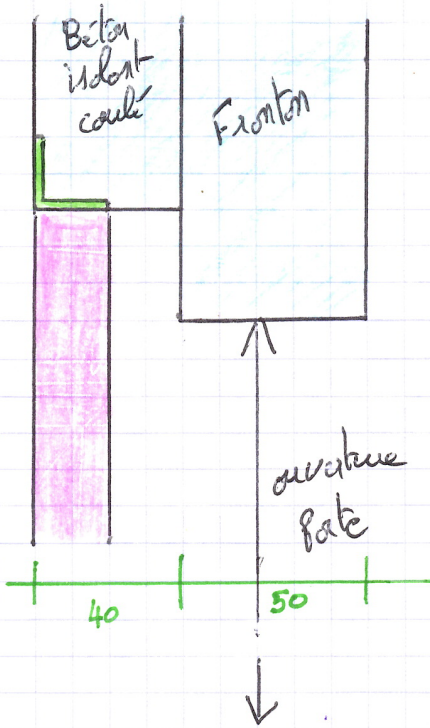
- : Tube carré 40 x 40 mm  
"embrasure de porte"  
latérale droite et gauche
- : cornière (fer en L) 25 x 25 mm  
"linteau de porte"
- : Cornière 25 x 25 mm  
angle de l'enceinte  
isolante
- : position de la porte
- : positionnement du fronton  
en ancienne plan
- : dalle à inertie
- : briques réfractaires



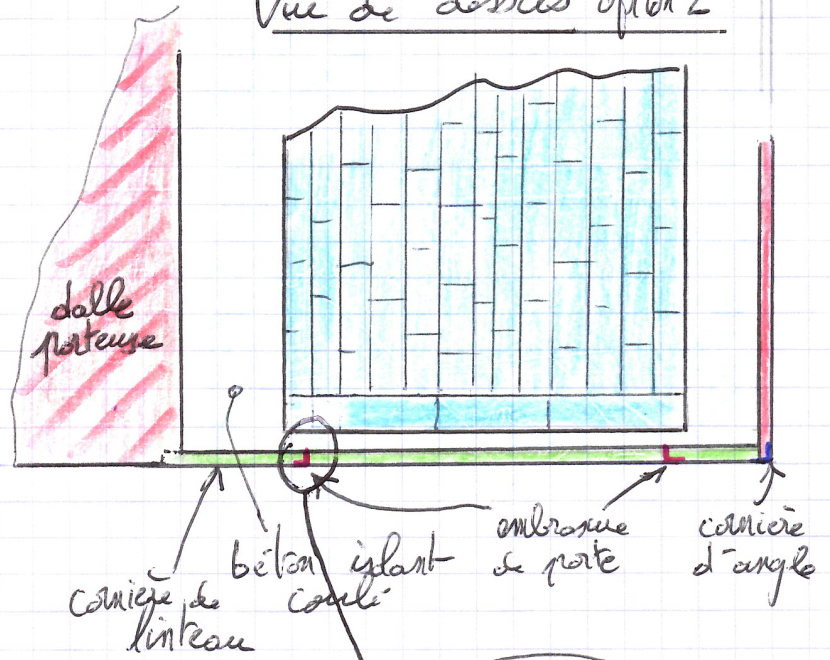
P8'


Vue de côté depuis la porte


option 2

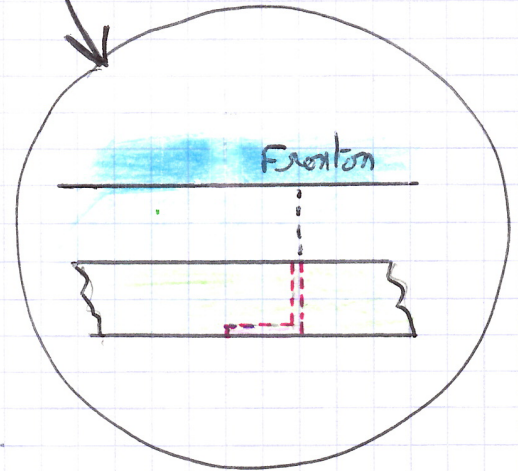


Vue de dessus option 2



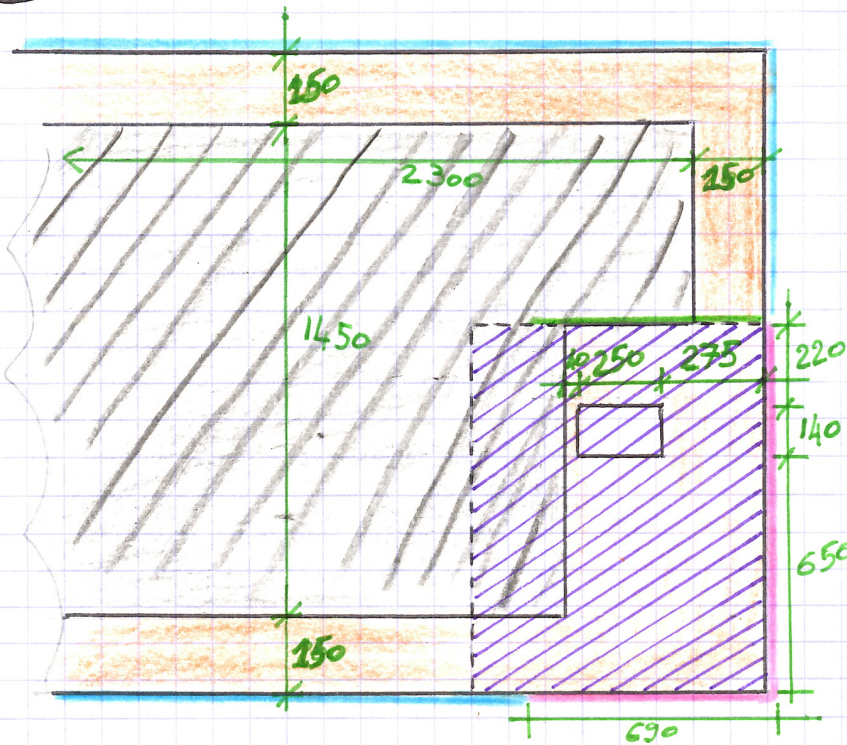
 : cornière embrasure de porte


 : cornière de linteau




P8''


Dalle à inertie - Vue de dessus





 : pièce de coffrage arrière de l'enceinte du foyer

 : dalle isolante

 : dalle à inertie 3,33 m<sup>2</sup>

 : enceinte du foyer

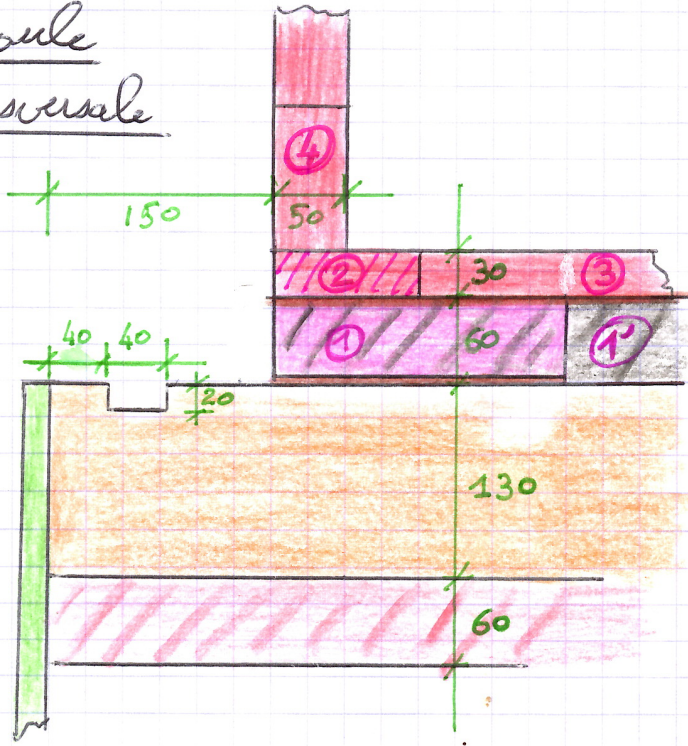
 : coffrage latéral dalle isolante arrive à la hauteur de la sole - 30mm

 : idem mais arrive à hauteur de la sole - 90mm.



P9 Dalles et soule  
coupe transversale

face avant ←



: Assise du mur  
 : brique réfractaire, soule et murs latéraux

: dalle à inertie

: dalle isolante

: dalle perforée

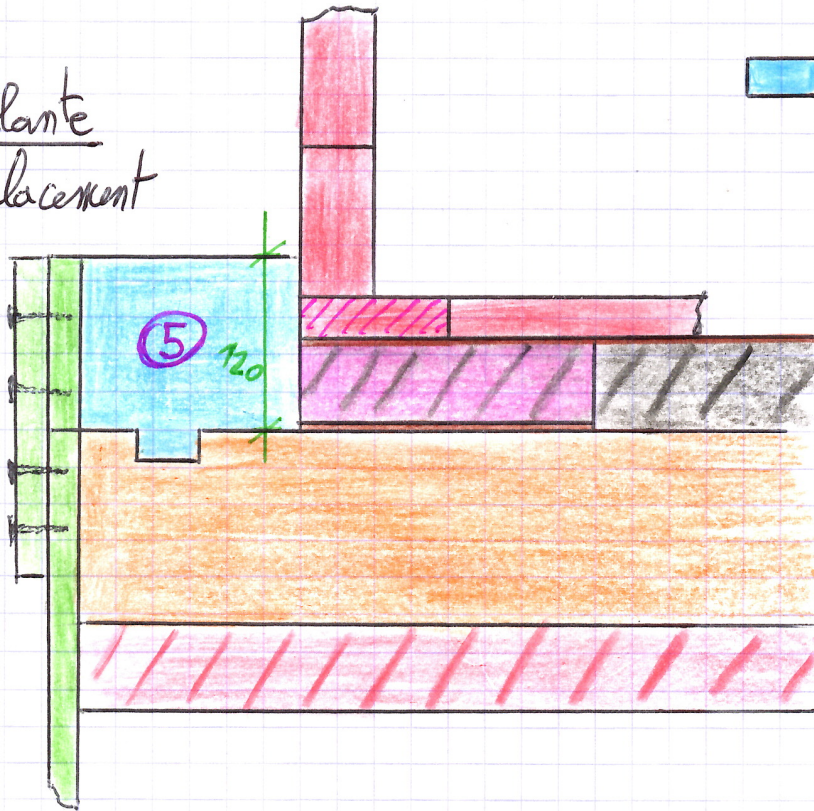
: coffrages perforés

① → ①' → ⑤ : ordre de mise en œuvre

: béton isolant

+ ceinture isolante  
(Hormis à l'emplacement de la porte)

face avant ←



① : Porteur de la dalle à inertie

② : Dalle à inertie

③ : Assise du mur

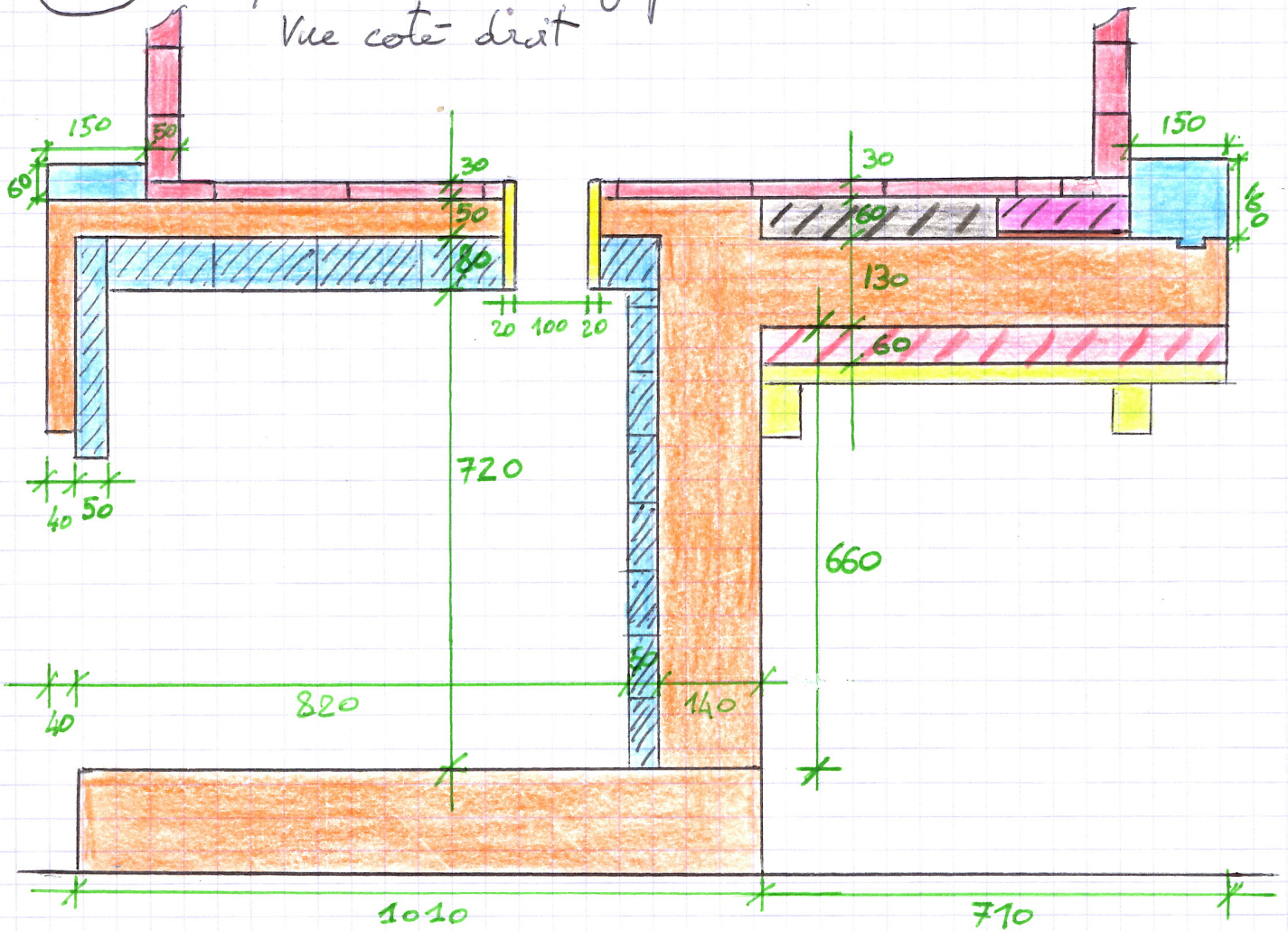
④ : Soule









⑤ : Mur

⑤ : Ceinture isolante



Pg 11 Coupe médiane du foyer  
 Vue côté droit



-  : blocs isolants murs - vâtes - fronton du foyer
-  : béton isolant coulé dalles et enceinte du foyer
-  : briques réfractaires
-  : ceinture isolante de la saule
-  : dalle à inertie
-  : ponteur de la dalle à inertie
-  : coffrage planches et chevrons
-  : dalle pateuse

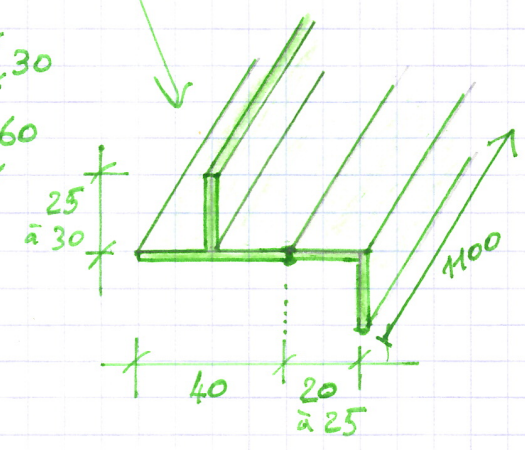
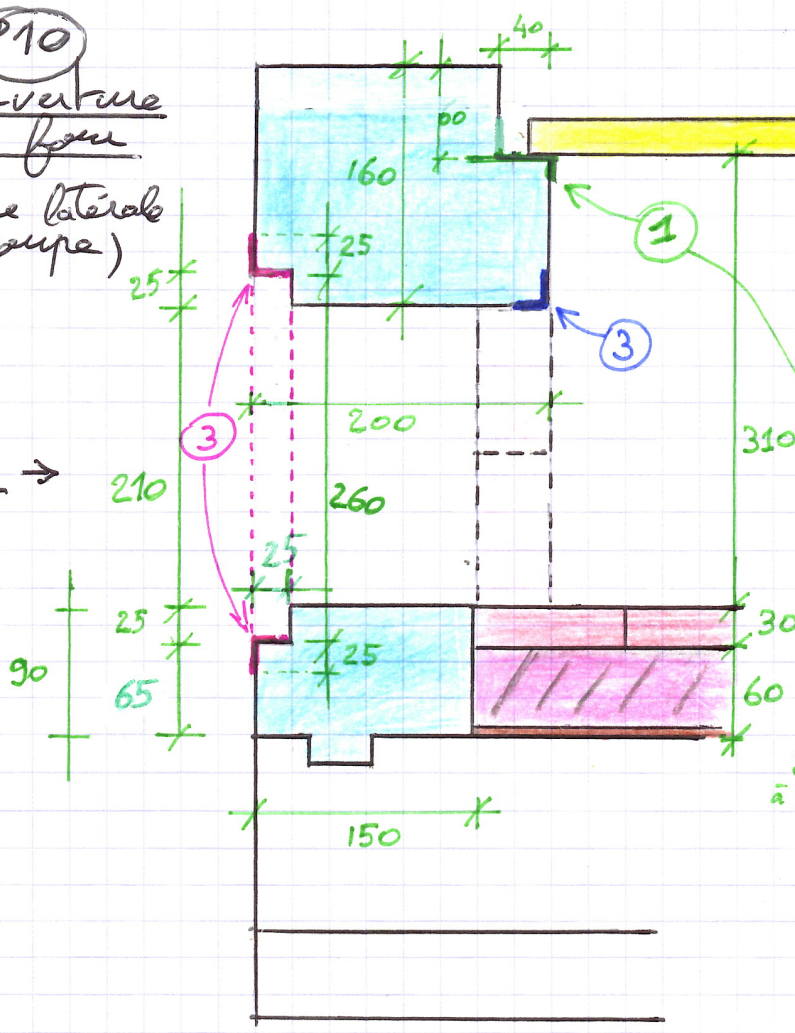


P10

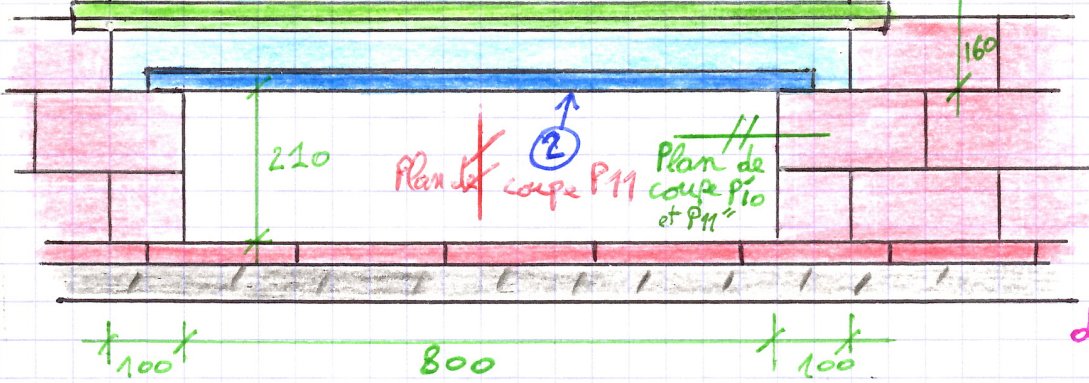
Ouverture du feu

(Vue latérale coupe)

Face avant →



Vue ouverture de porte  
(de l'intérieur du feu - coupe)

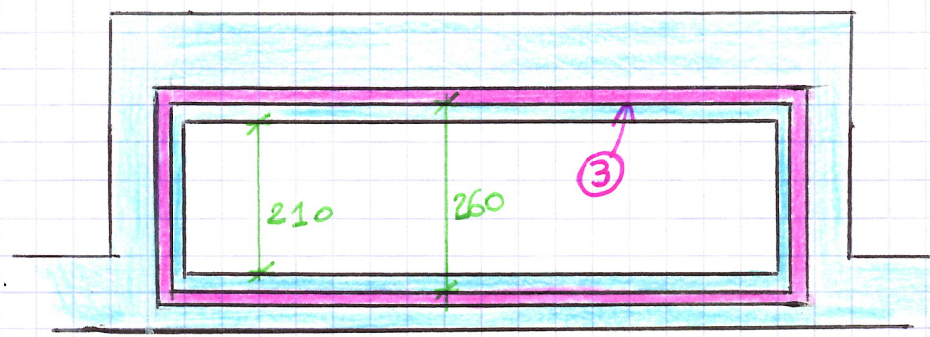


① : pièce de support de plafond  
: assemblage cornière + fer en T 25 mm

② : cornière de linteau intérieure 25 mm

③ : support de porte - extérieur cornière 25 mm dim int: 260 x 850

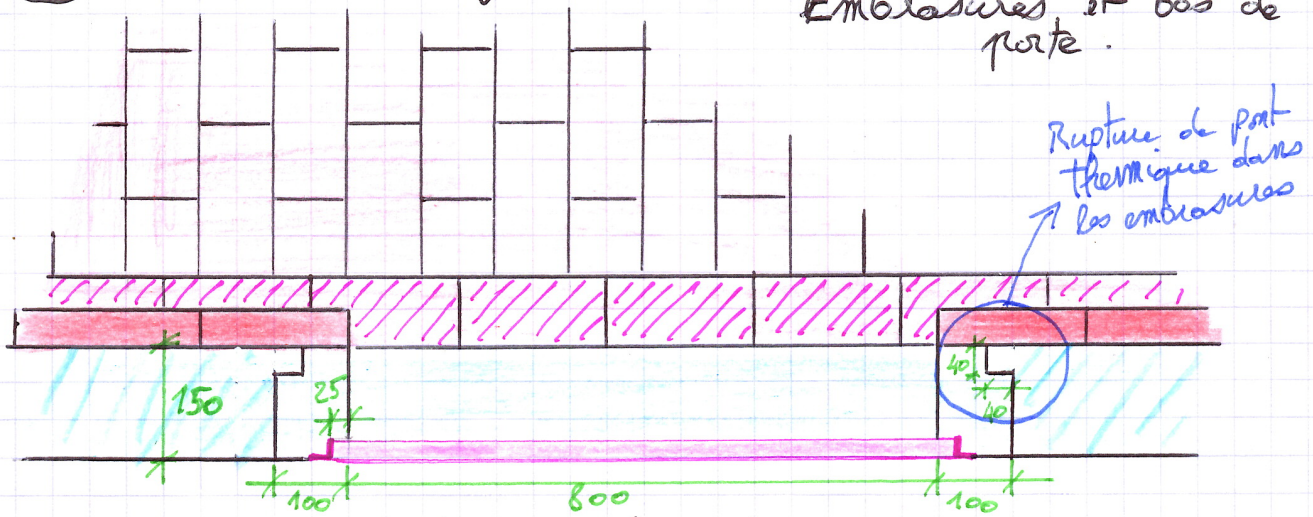
Ouverture de porte  
(de l'extérieur)



■ = béton isolant cadre linteau et embrasures de porte

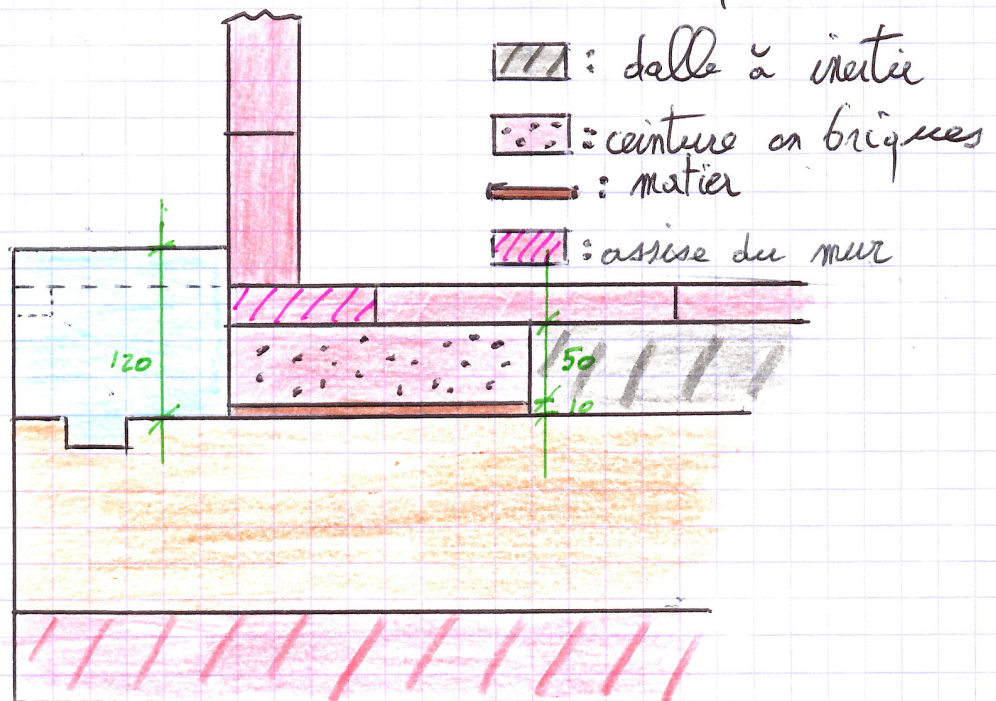


**(P10)** Ouverture du feu - Coupe vue de dessus - Embrasures et bas de porte.



- : support de porte extérieur - cornière 25 mm
- : ponton de soude et soude
- : murs latéraux
- : béton isolant = embrasures et bas de porte
- : béton isolant = ceinture isolante (P9)

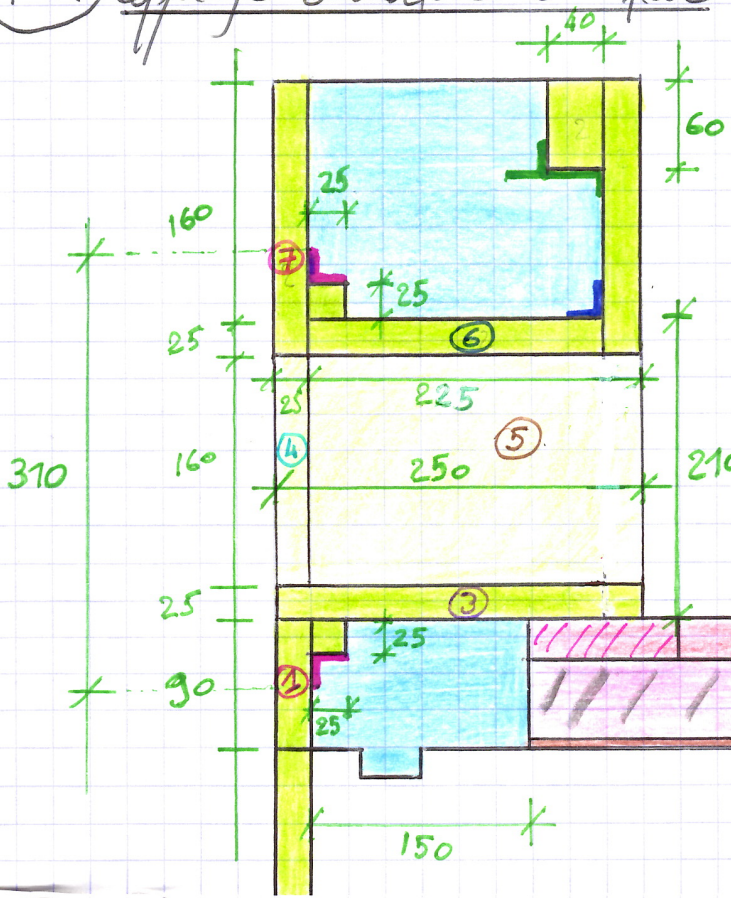
**(P9)** Dalle à inertie : option ceinture de briques



- : dalle à inertie
- : ceinture en briques
- : matier
- : assise du mur



**P11** Coffrage ouverture de porte - plan de coupe (voir P10) -  
vue latérale



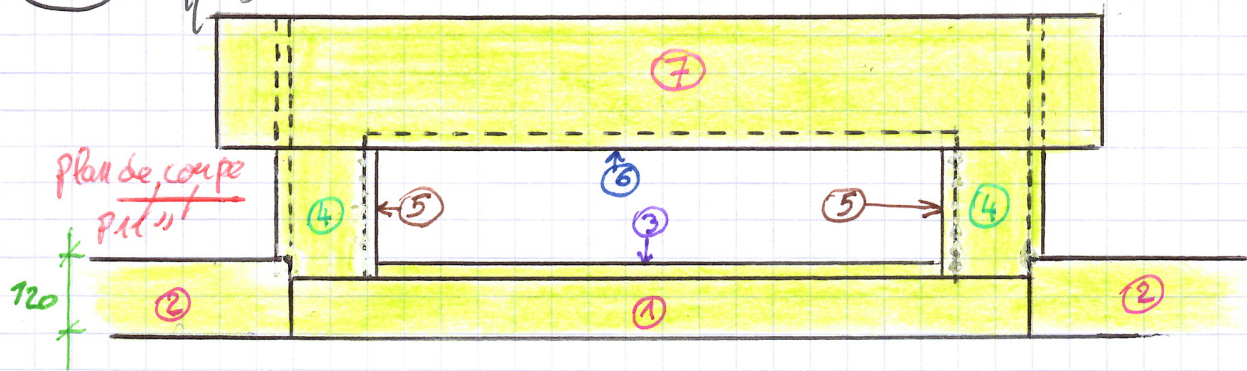
: coffrage

**L** : visualisation du cadre de support de porte mais non présente dans le coffrage pour couler le béton isolant.

**L** : support de plafond ; pièce présente dans le coffrage pour couler le béton isolant.

**L** : support de linteau intérieur ; pièce présente dans le coffrage.

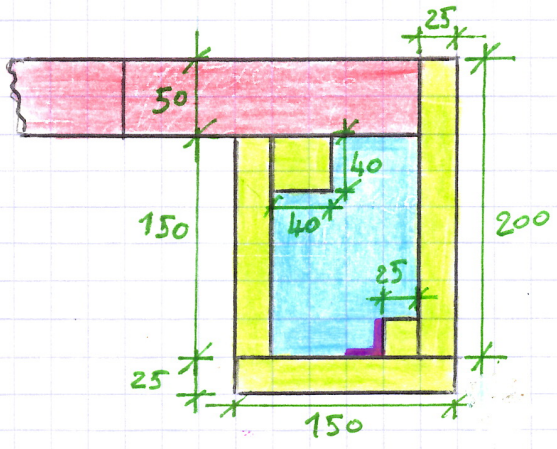
**P11'** Coffrage ouverture de porte - vue de face



plan de coupe partant

**P11''** Coffrage embrasure gauche

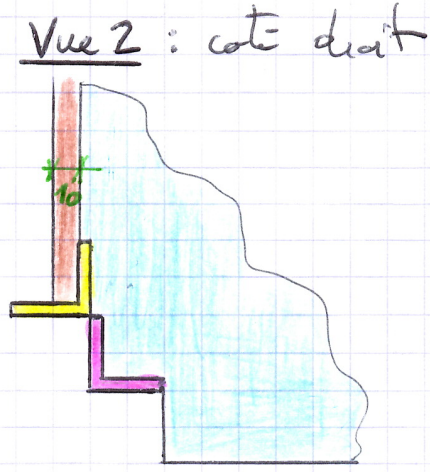
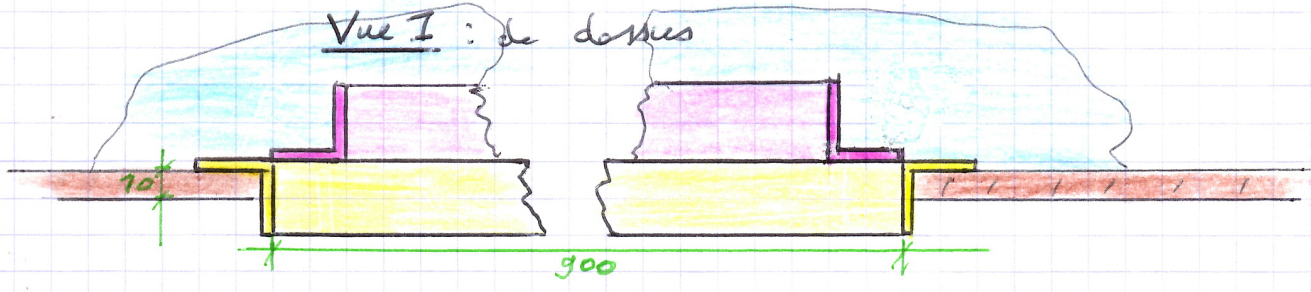
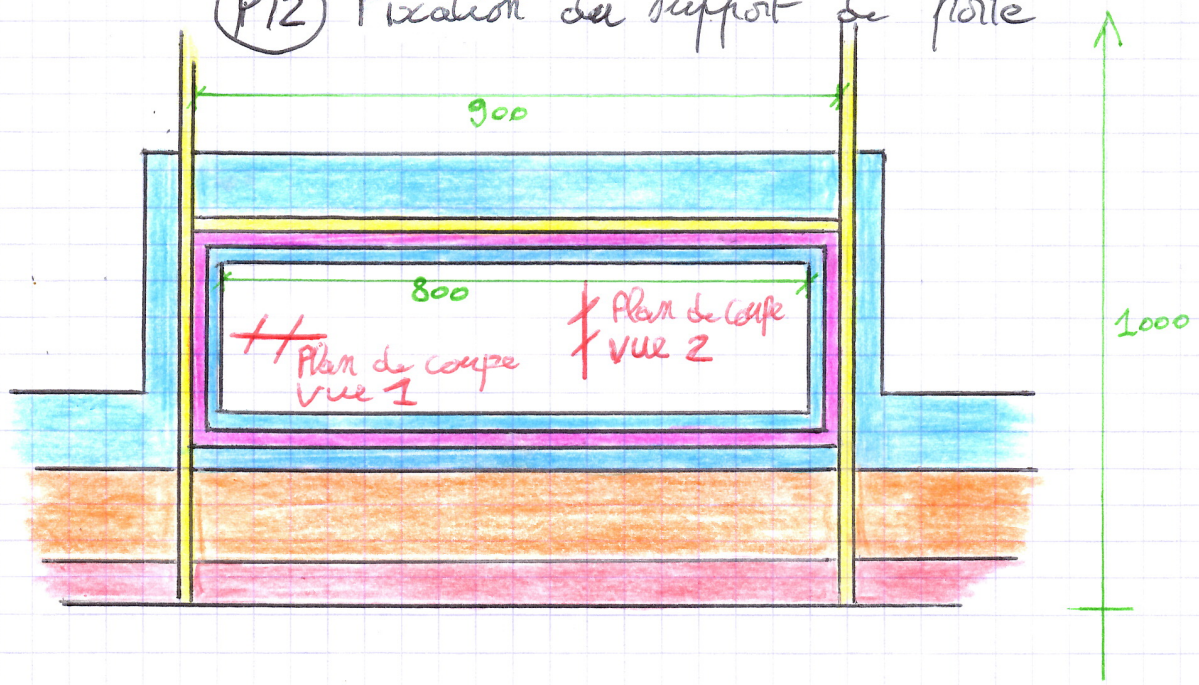
Plan de coupe - vue de dessus (voir P10)




: briques isolantes de mur.




P12 Fixation du support de porte





 : dalle porteuse

 : béton isolant autour de porte et ceinture isolante

 : dalle isolante

 : corniches de support de porte

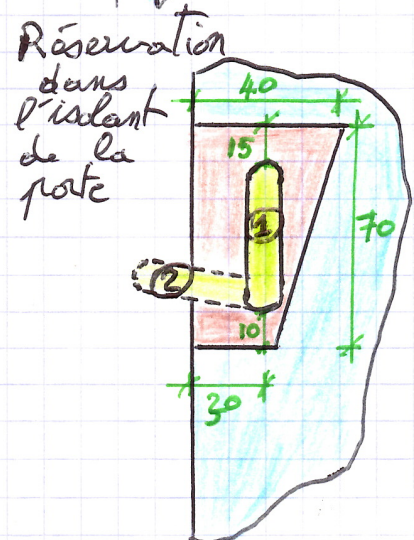
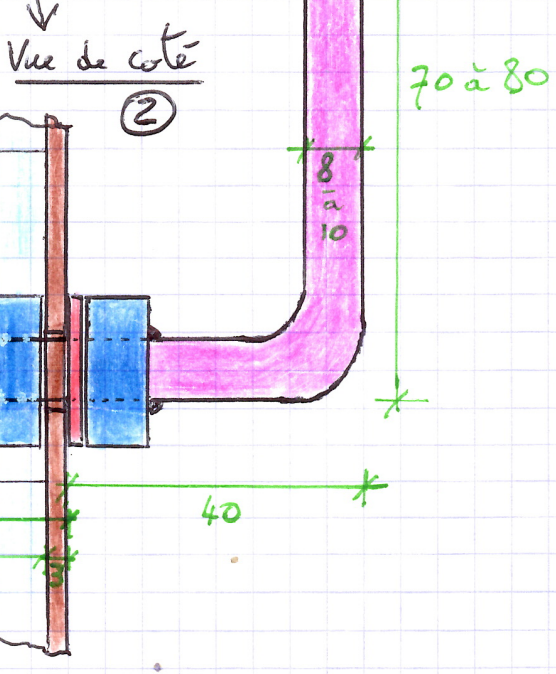
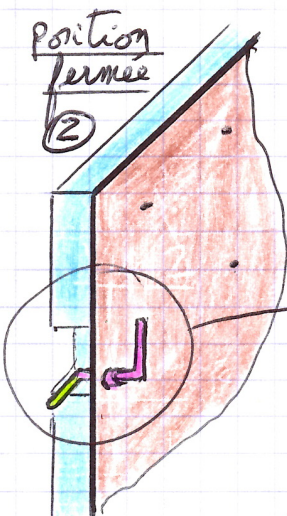
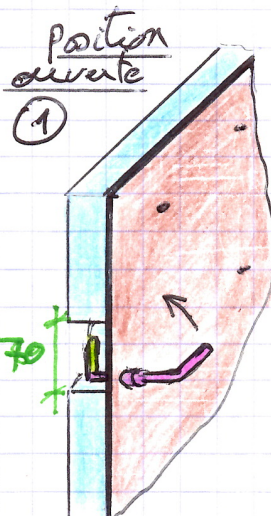
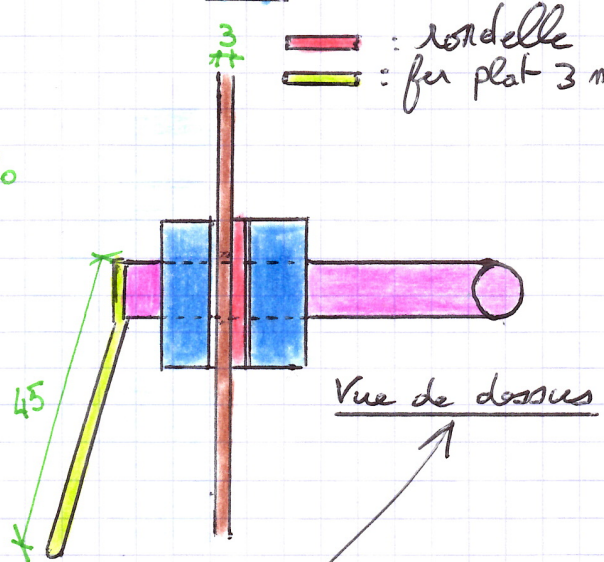
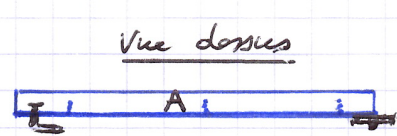
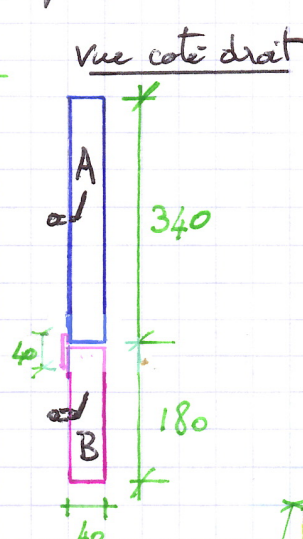
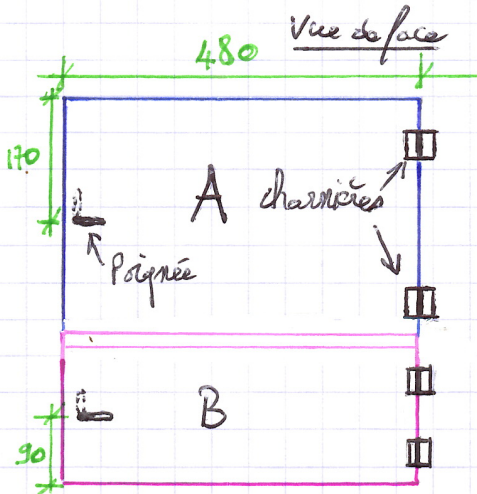
 : corniches de fixation du support de porte  
20x20 et 25x25

 : habillage extérieur



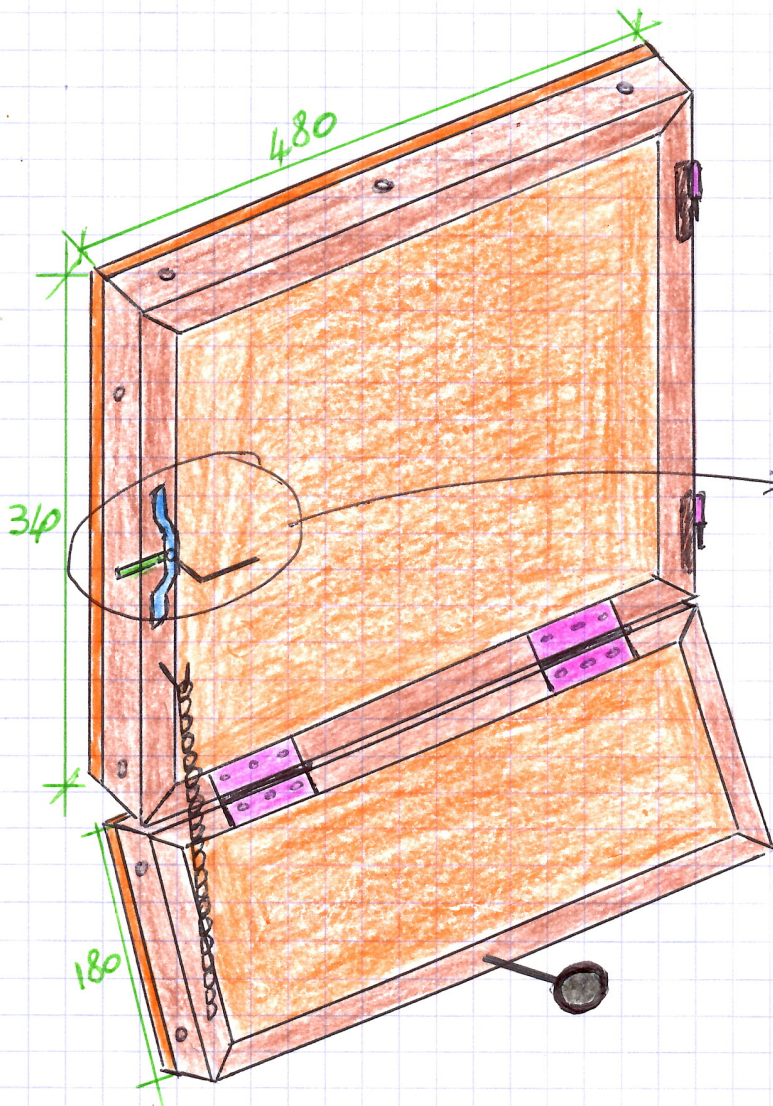
# PI3 Portes du foyer: A et B

- : Fer rond 8 mm - poignée
- : Tôle 3 mm
- : béton isolant ou isolant minéral
- : boulon 10 mm
- : rondelle
- : fer plat 3 mm



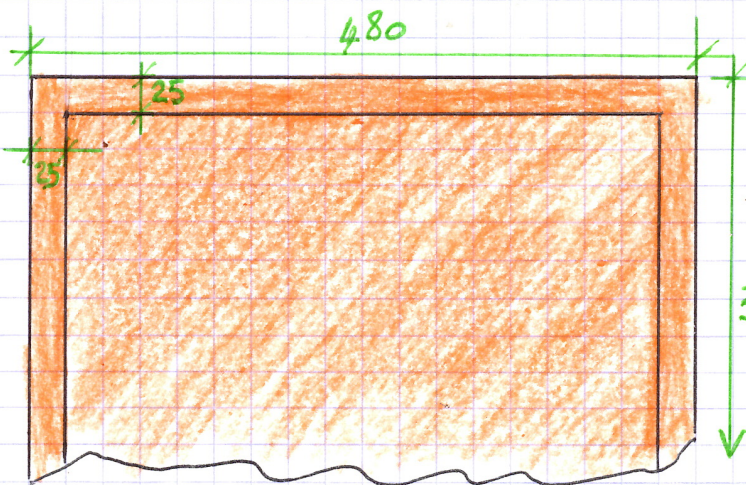
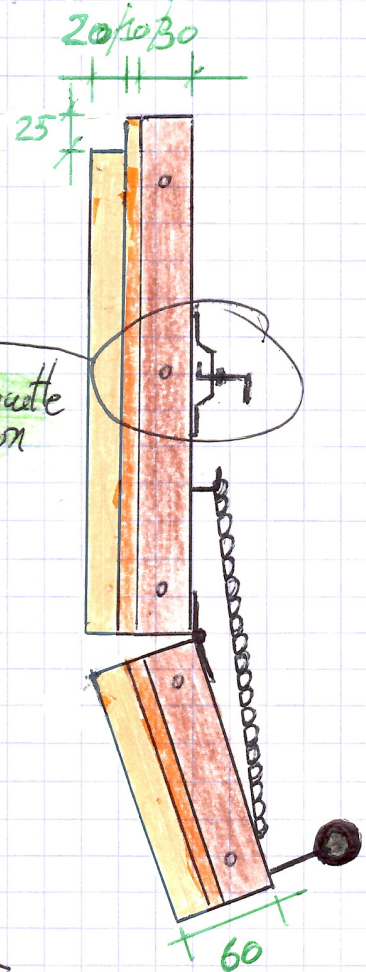


(P13) Porte du foyer - option battant





Poignée avec languette de fixation

Vue de côté



Élément de fermeture de la porte sur embrasure gauche du foyer

-  : cornière acier 30x30
-  : béton isolant (argile - ciment) vermiculite

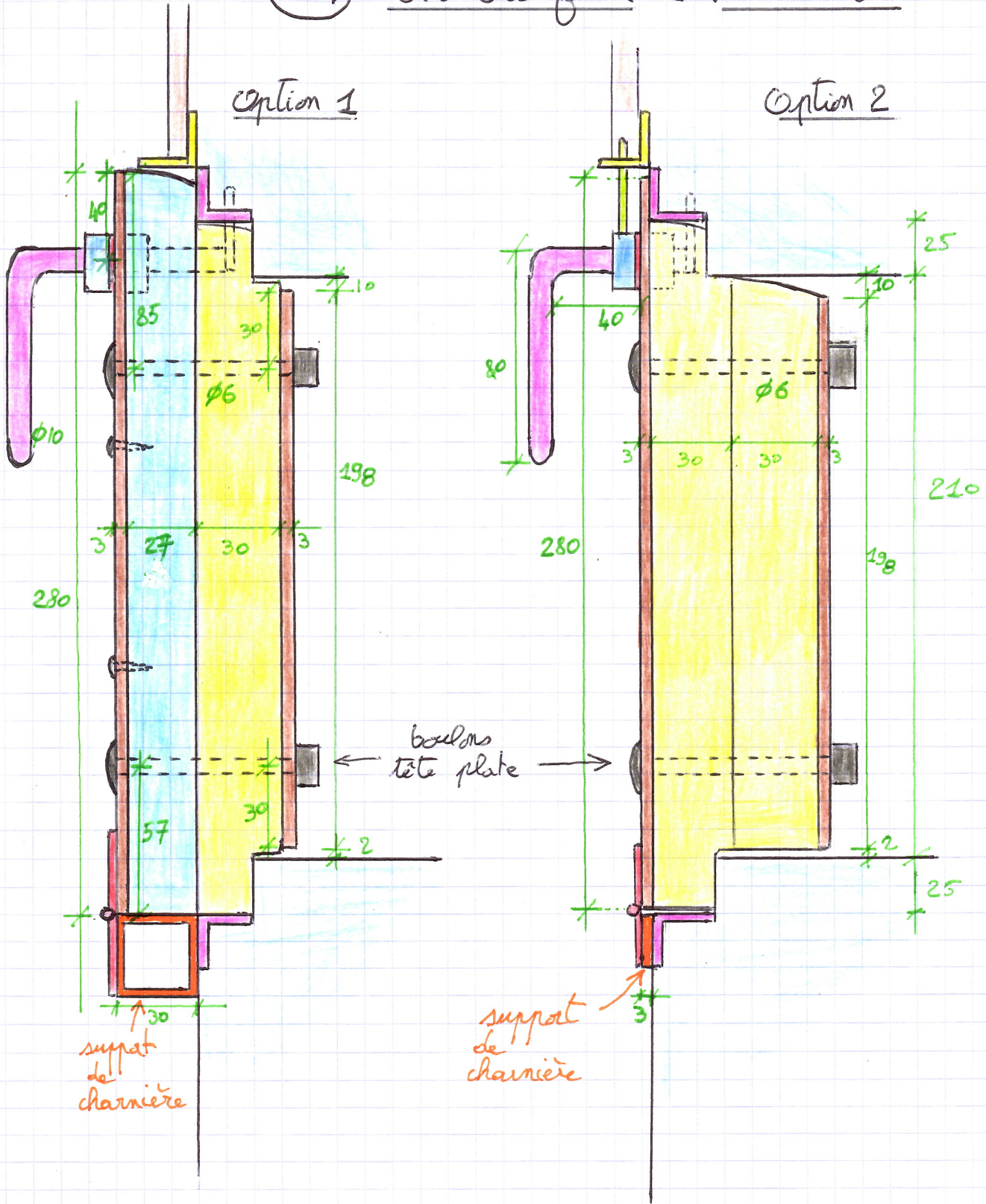


P14


# Porte du four - Vue de côté

Option 1

Option 2



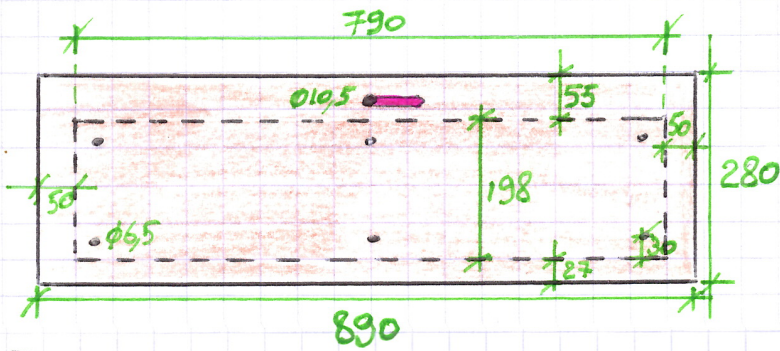
 : isolant minéral

 : béton isolant ou isolant minéral rigide (porte)



**P15** Tôles acier - Porte du four

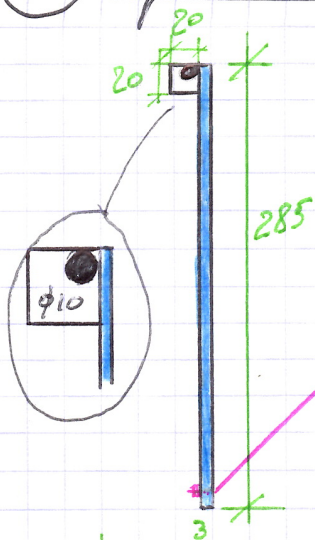
Vue de face



- - - : tôle intérieure ép 3 mm  
790 x 198
- : tôle extérieure ép 3 mm  
890 x 280
- : 6 trous  $\phi 6,5$  pour  
vis de fixation
- (with hole) : poignée avec trou  
 $\phi 10,5$

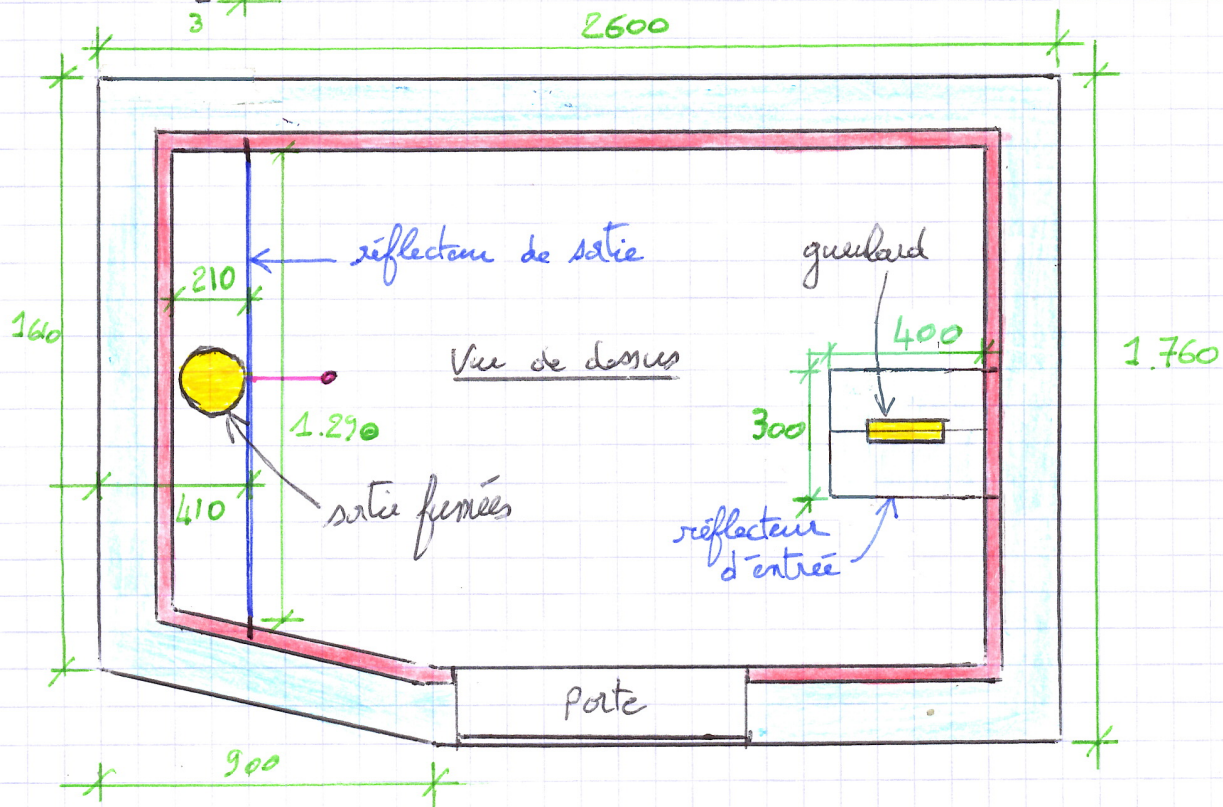
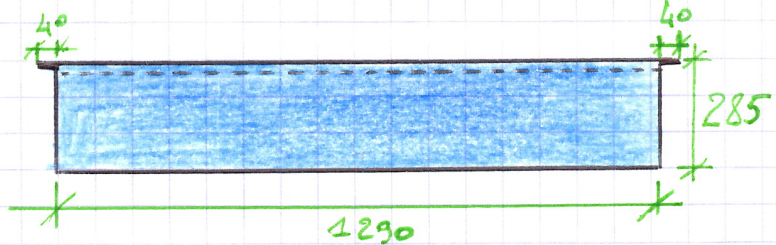
**P16** Réflecteur de sortie

Vue de face



← câble acier ou inox

Vue de côté droit



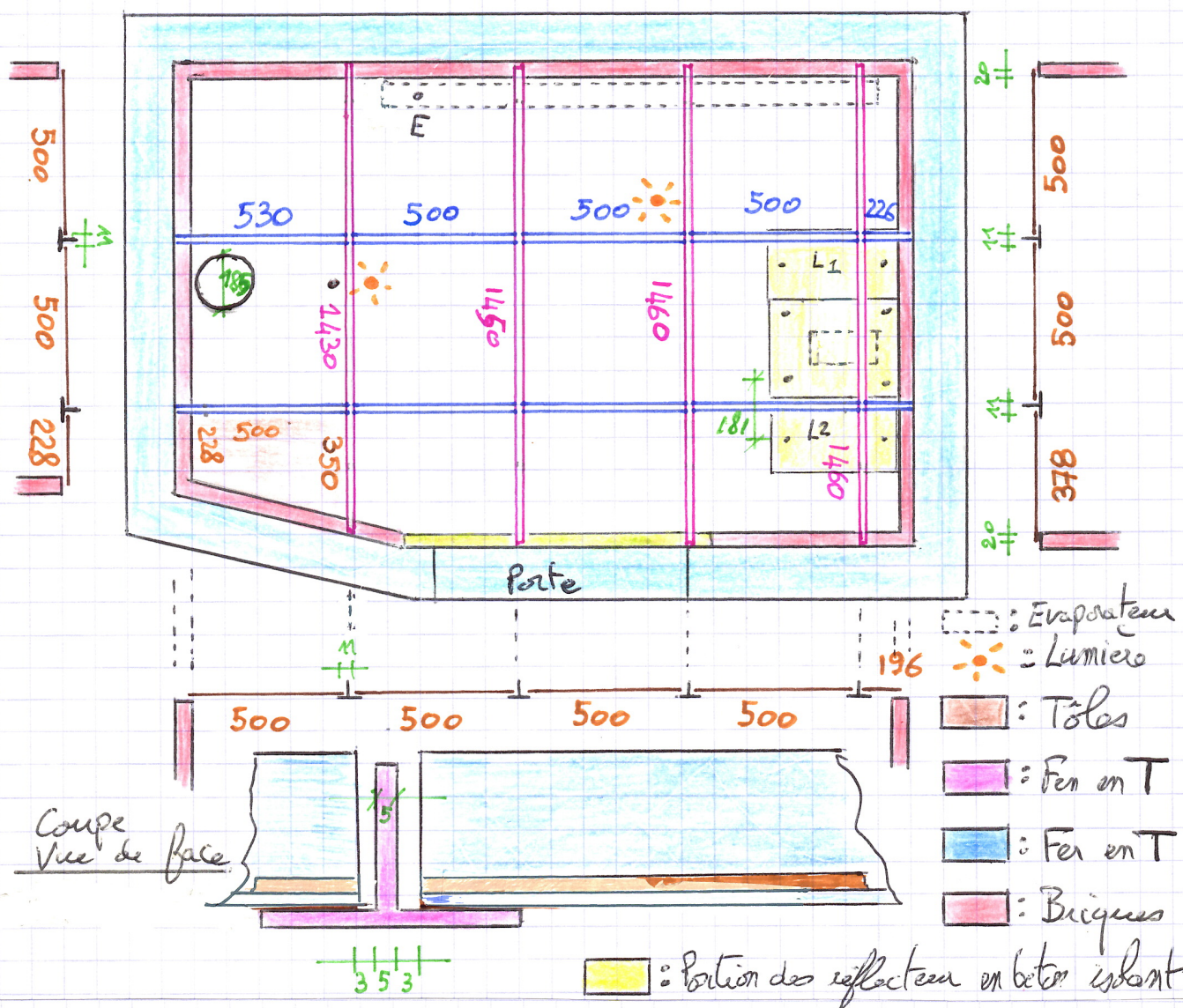




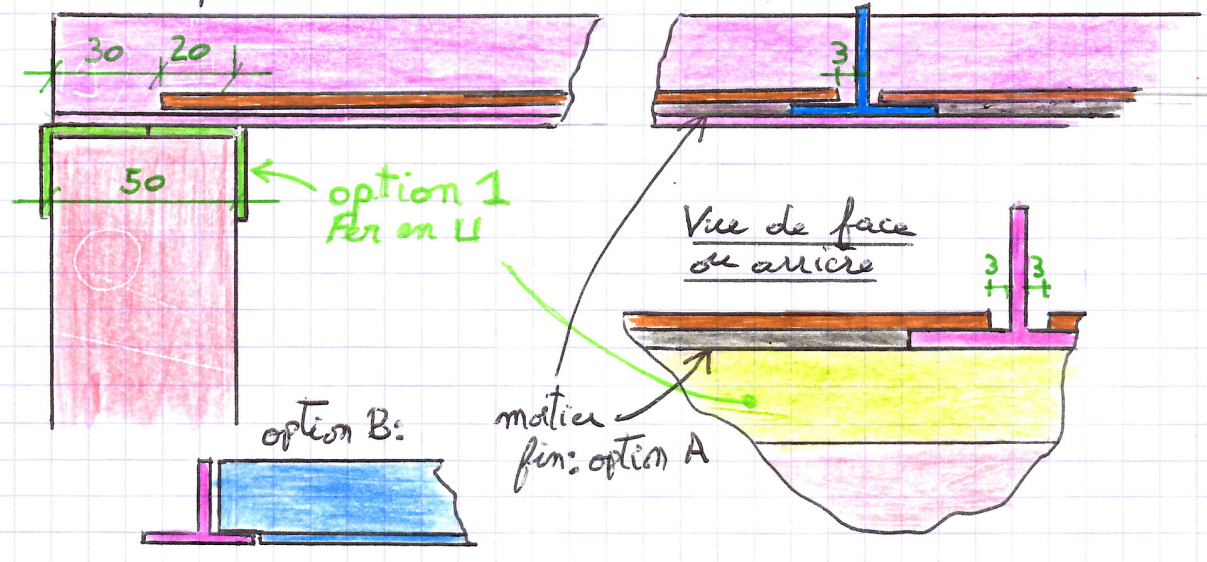


# P19 Plafond

## Vue de dessus

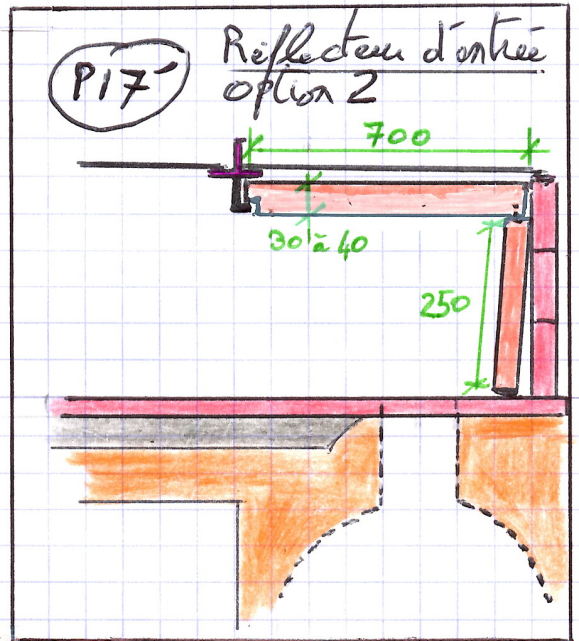
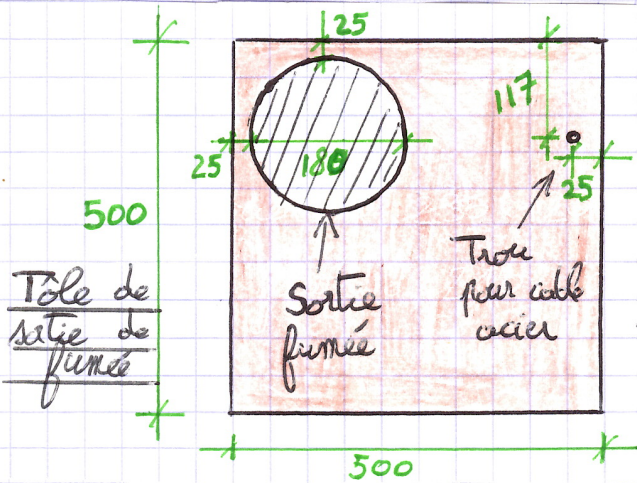


## Coupe Vue latérale

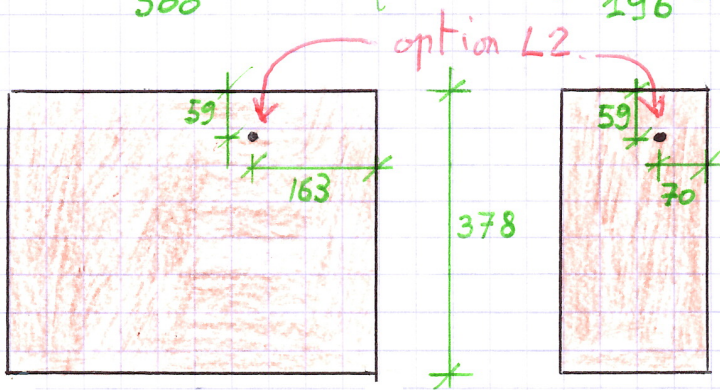
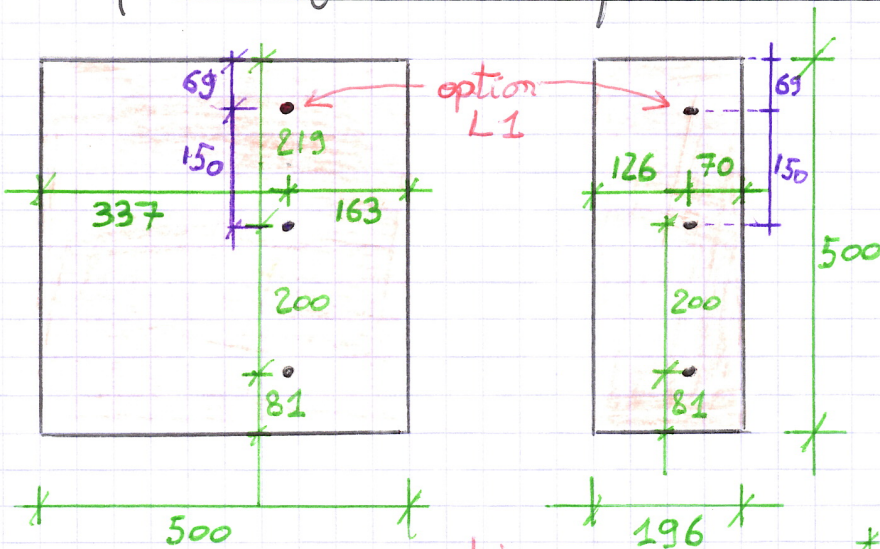




**P20** Plaque de sortie de fumées

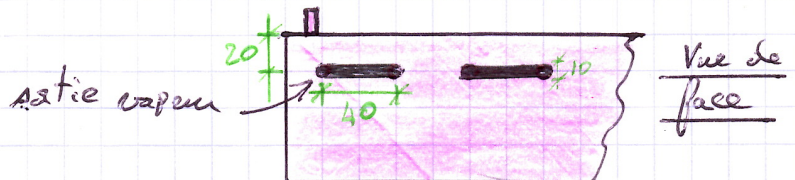
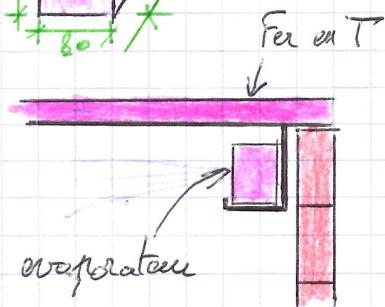
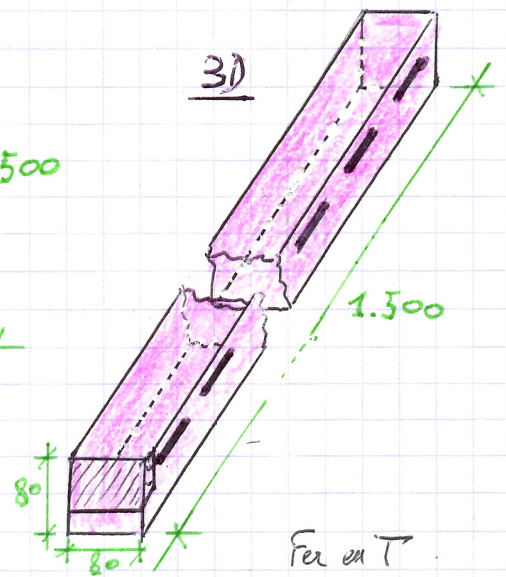


Plaques de fixation des réflecteurs d'entrée



Évaporateur

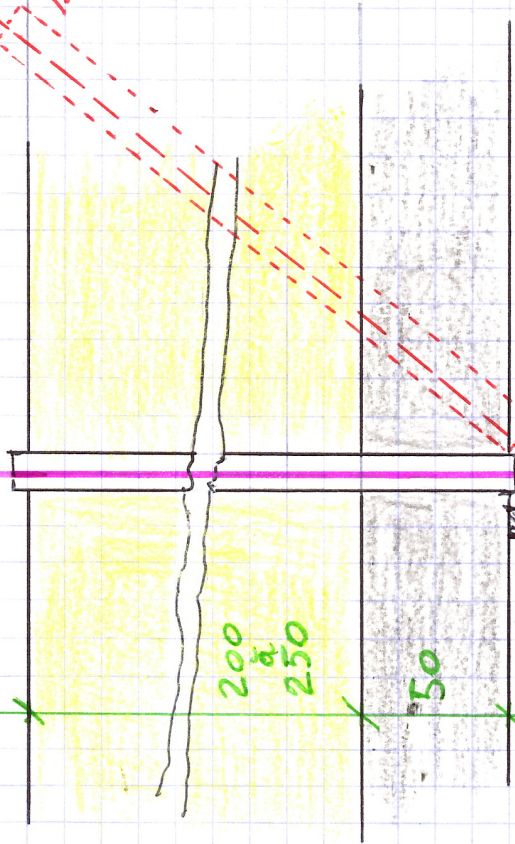
3D



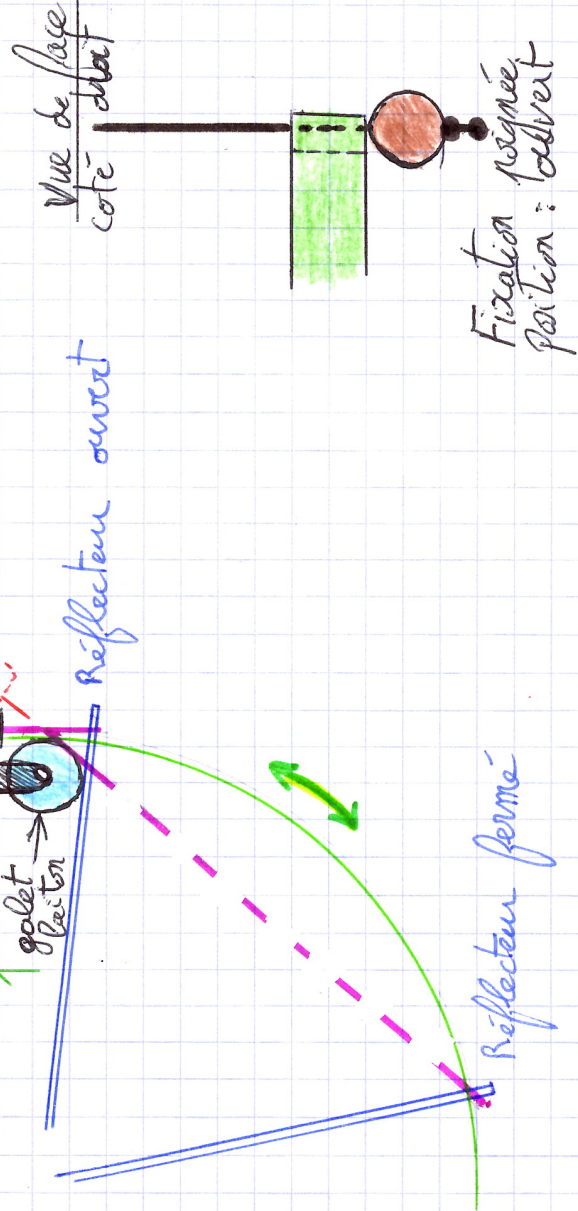


# P20 Système de commande du réflecteur

Vue de face  
(Coupe)

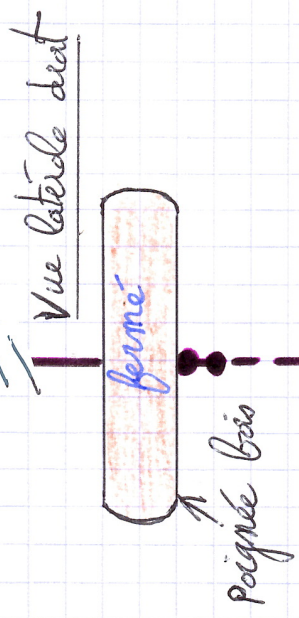


option 2:  
sans galet



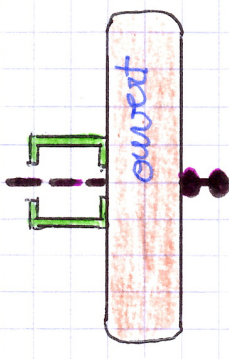
Vue de face  
côté droit

Fixation pignée,  
partition: ouvert



Vue latérale droit

pignée bois



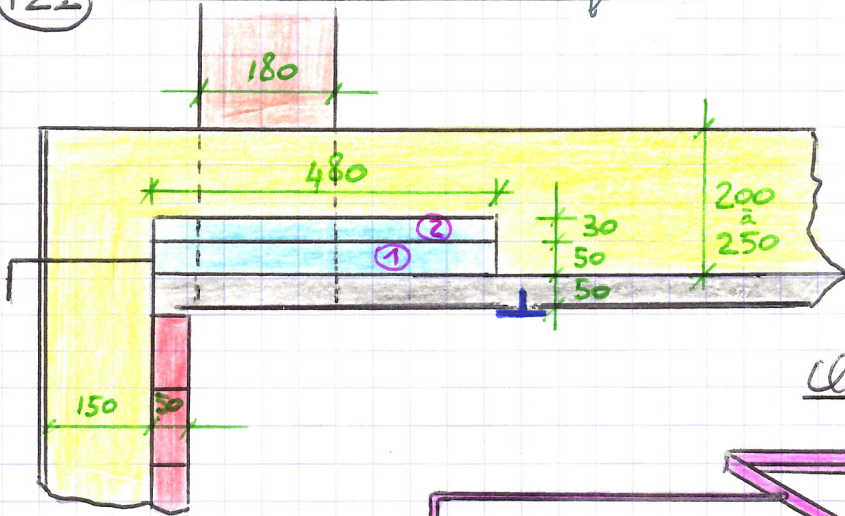
- : cable 3 mm inox
- : cordelette nylon 6 mm à 4 mm
- : tube acier 20 x 20 mm

Réflecteur fermé

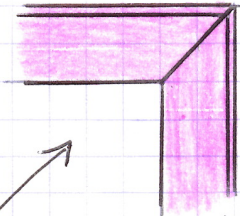
Réflecteur ouvert



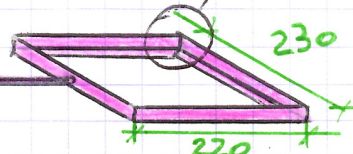
# P21 Fermeture de sâtie de fumées



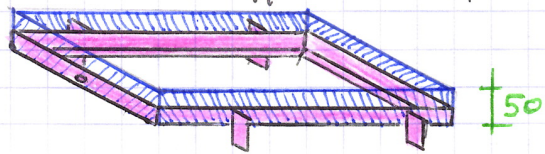
Vue de dessus



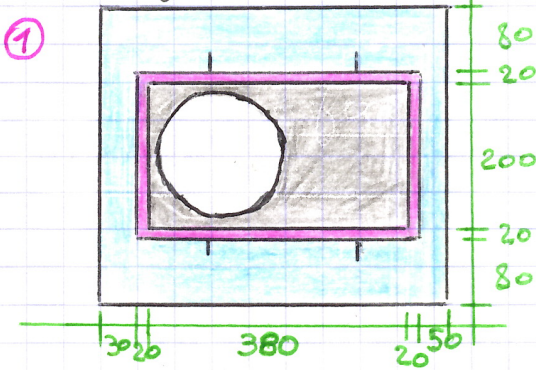
Clapet coulissant - structure



Support de clapet



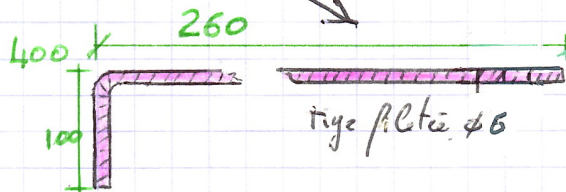
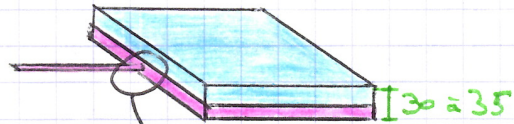
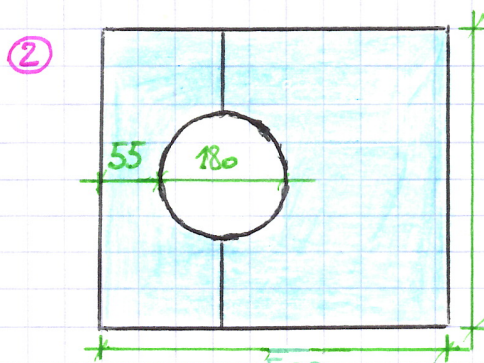
bate à fumées - Vue de dessus



habillage tôle  $Z = 3$  mm

Fixation et isolation du clapet

Couvercle



Edge scold

Pièces de serrage

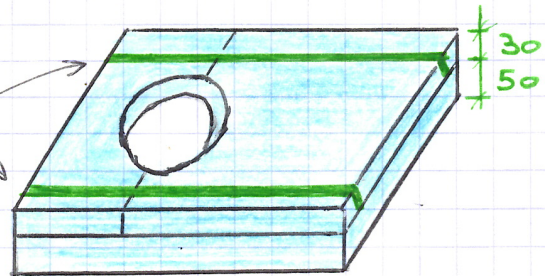
2 x

isolation minérale souple

Béton isolant ou isolation minérale rigide

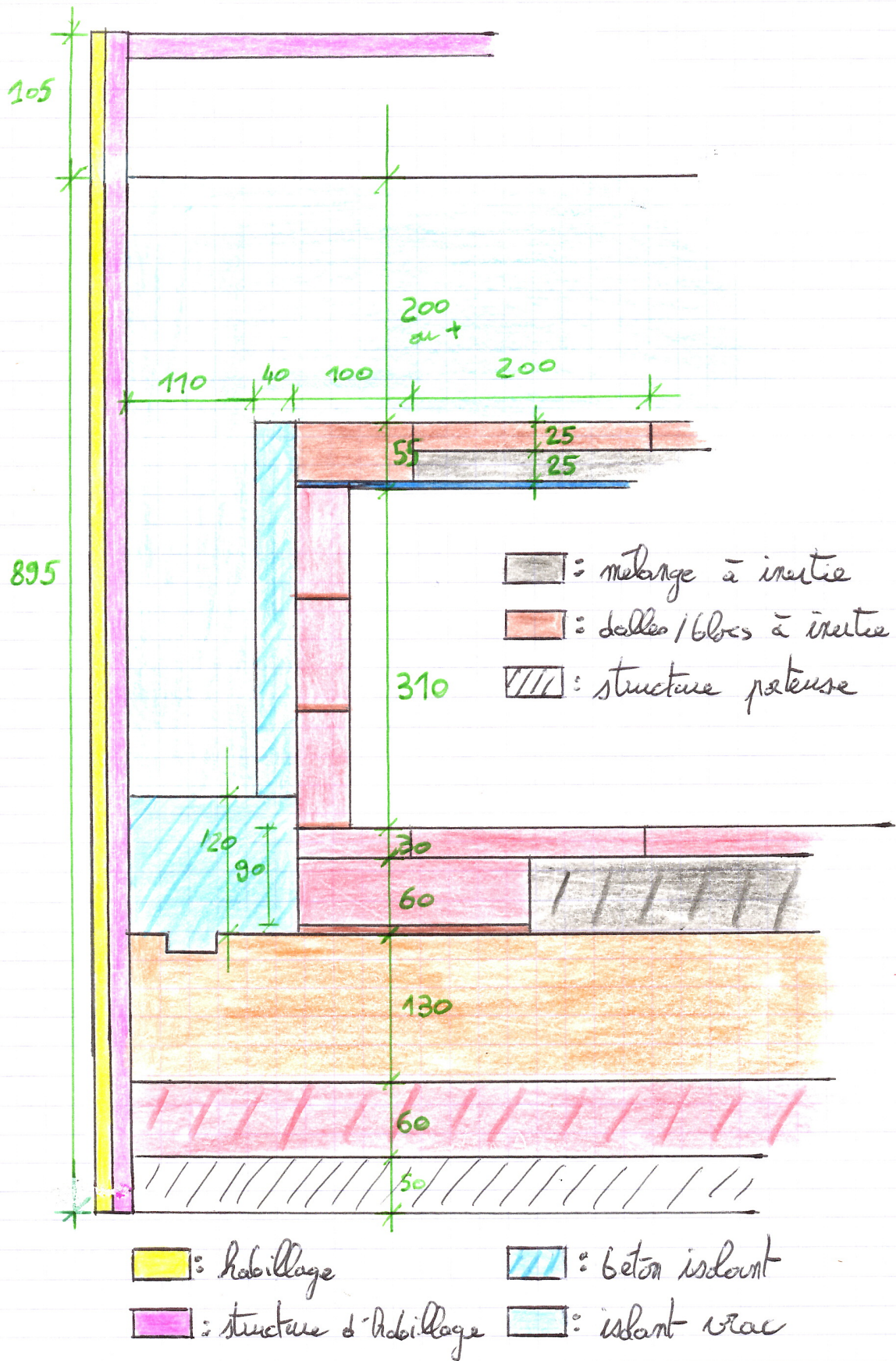
Mur de briques

structure acier bate et clapet  
canalisé 20 mm





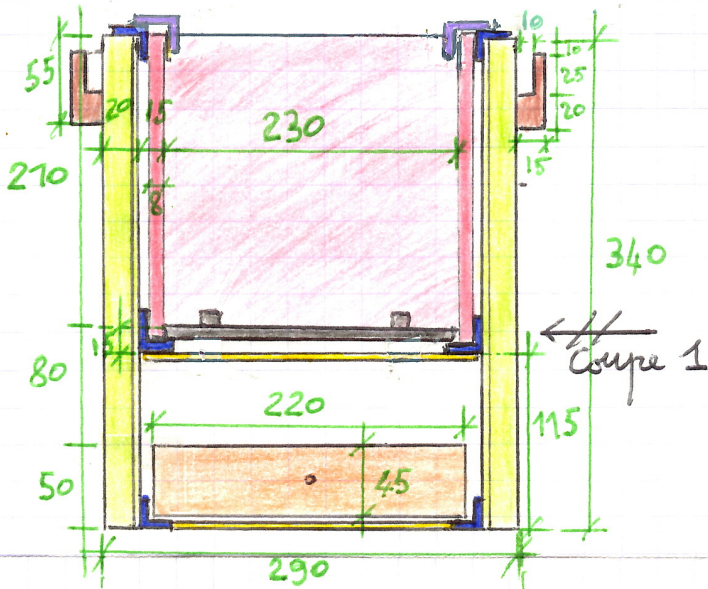
P22 Habillage, inertie, isolation : latérale et route



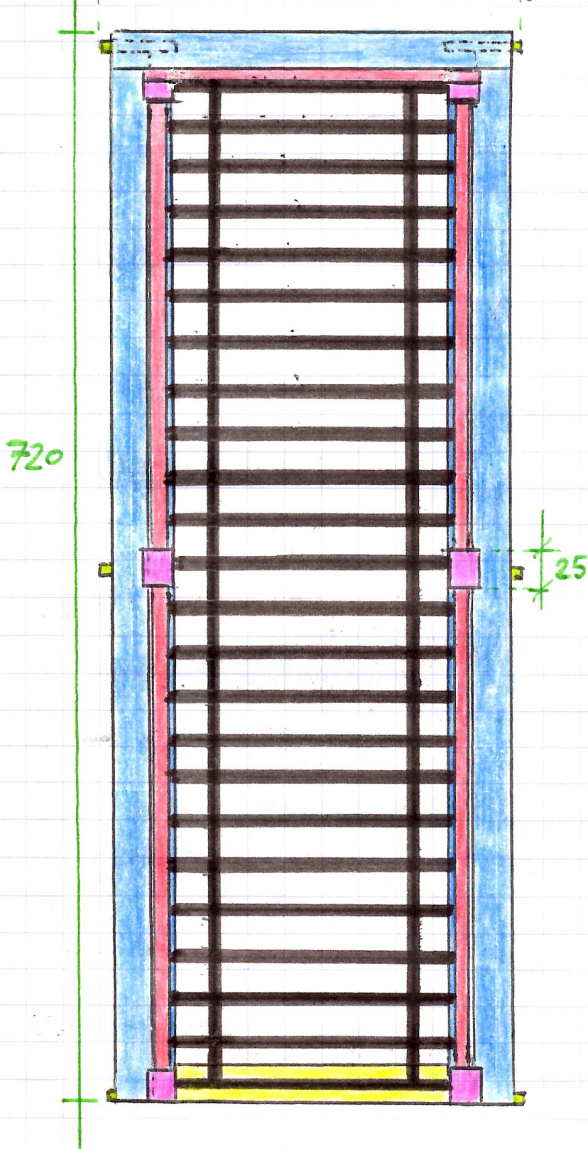


# (P23) Structure acier du foyer

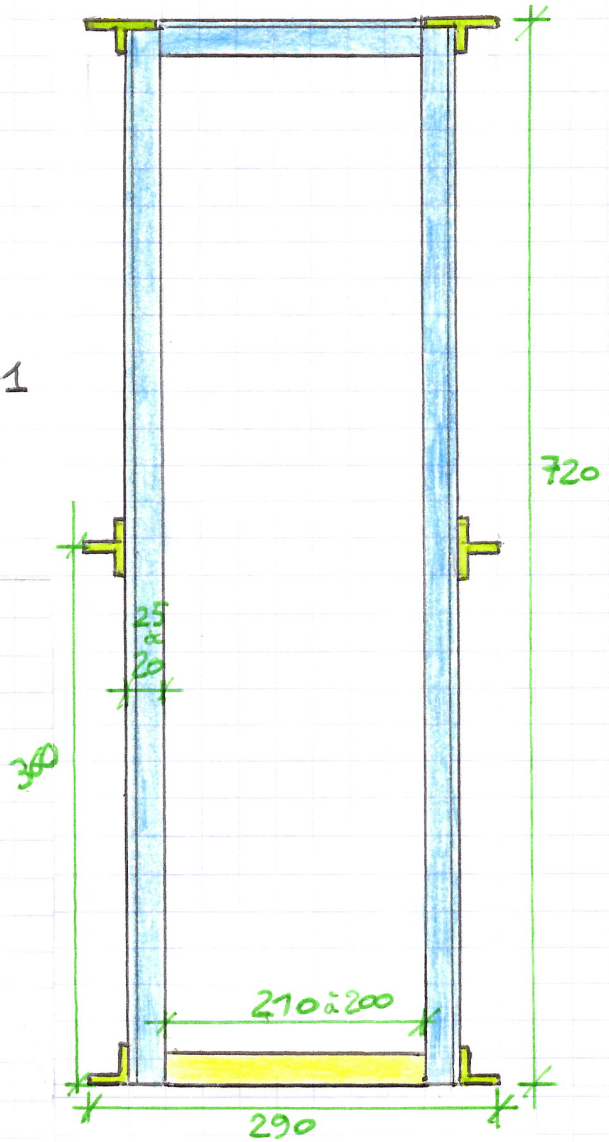
Vue de face











Vue de dessus (avec grille)



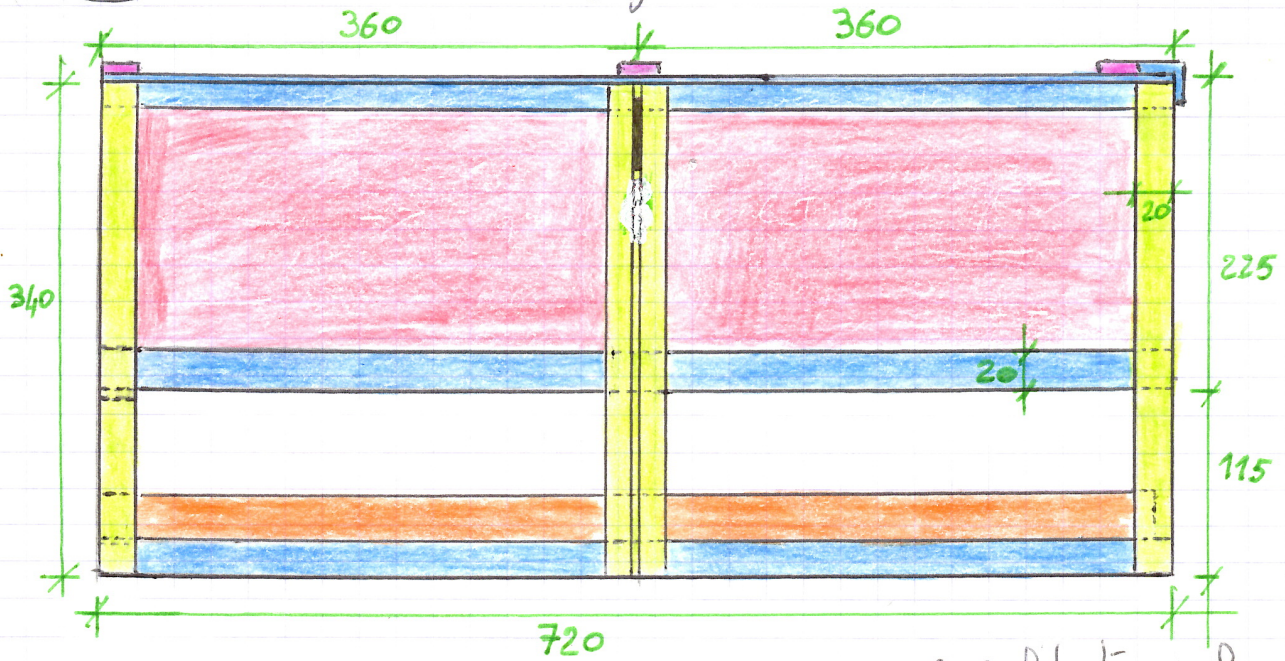
Vue de dessus - coupe 1



-  : Fer en T et cannières verticales
-  : Cannières horizontales
-  : Grille du foyer
-  : Plaques en fonte latérales (15)
-  : Cendrier
-  : Crochets glissiers de plaques en fonte (6)
-  : Fers plats avant
-  : Crochet d'accroche de structures latérales



**P23** Structure acier du foyer Vue latérale droite

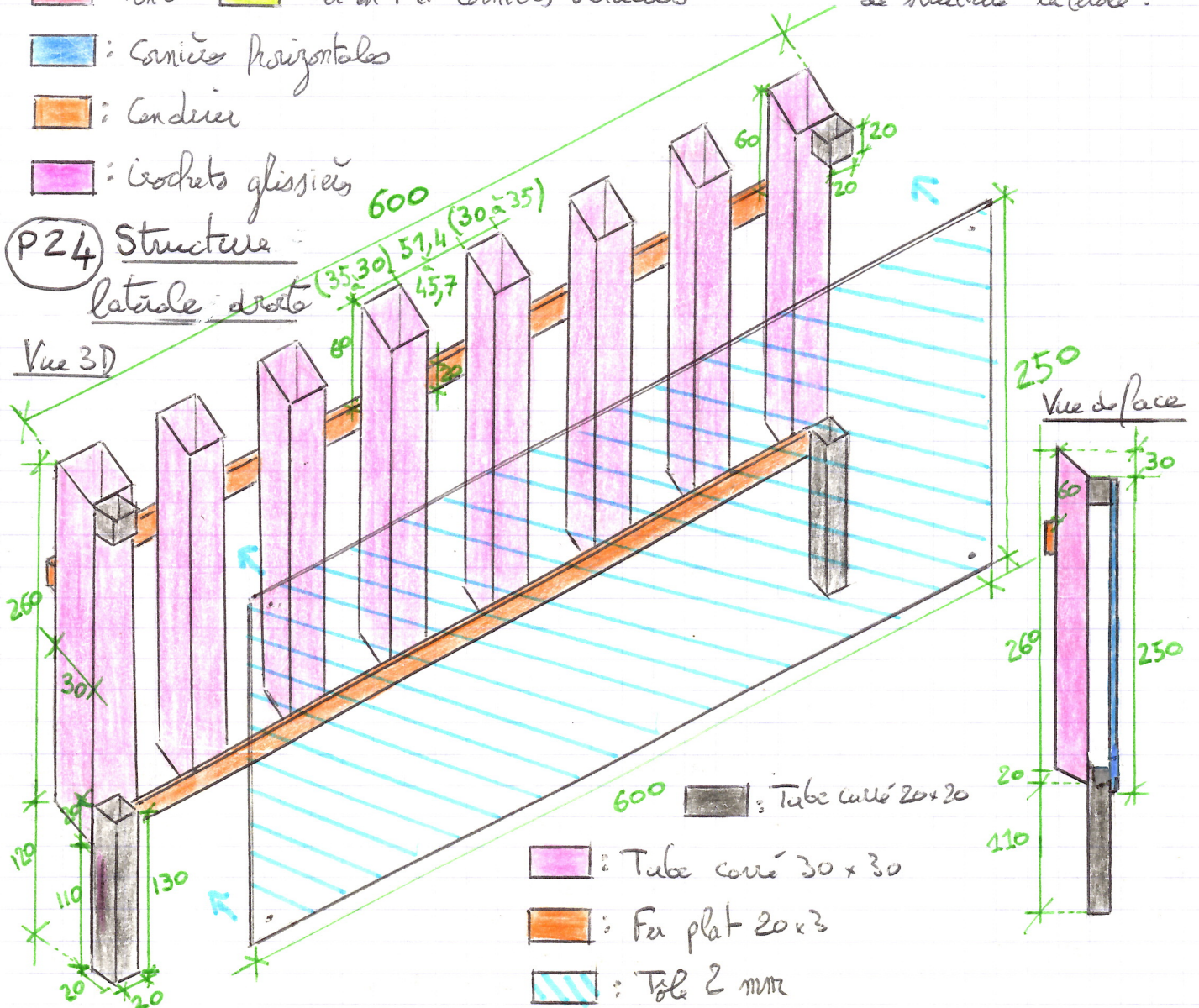


- : Forge
- : Fer en T et cornières verticales
- : Cornières horizontales
- : Conduite
- : Crochets glissiers

— : crochets d'accrochage de structure latérale.

**P24** Structure latérale droite

Vue 3D



- : Tube carré 30 x 30
- : Fer plat 20 x 3
- : Tôle 2 mm



Four à pain « Alpaga » - Conception Alter'éco 30

N = four réalisé en Argentine par Nicolas  
E = four réalisé à Echovert par Alter'éco 30



Structure porteuse maçonnée - N - ≠plans



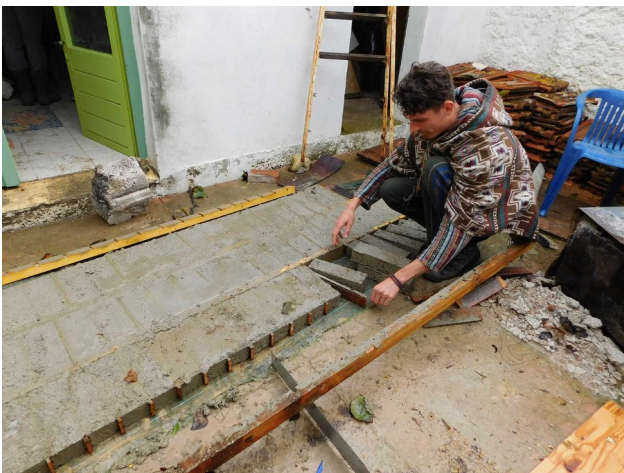
Structure porteuse acier - N - ≠plans



Dalle isolante foyer - N



Coulage des briques isolantes - E



Démoulage des briques isolantes - E



Temps de durcissement - N



Montage du foyer - E



Murs support de voûte - E



Four à pain « Alpaga » - Conception Alter'éco 30



Coulage du fronton - E



Montage de la voûte - E



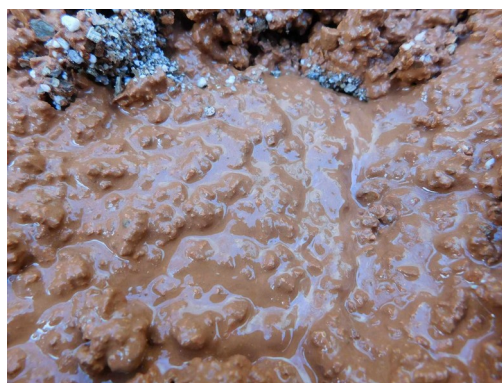
Voûte avec gueulard - vue de dessus - E



Foyer de face - E



Encoches dans le fronton - E



Texture béton pour briques - E

Four à pain « Alpaga » - Conception Alter'éco 30





Foyer : pose du fronton - E



Texture béton pour dalle



Coffrage dalle isolante - N



Enduit réfractaire foyer - E



Coffrage gueulard - N



Coffrage dalle isolante - N



Four à pain « Alpaga » - Conception Alter'éco 30



Dalle isolante - N



Ceinture en briques - N



Montage saule coté gueulard - N



Dalle à inertie - N



Dalle à inertie - N



Pourtour de saule - N



Murs et structure acier



Structure de plafond - E



Four à pain « Alpage » - Conception Alter'éco 30



Orifice du tuyau de cheminée - N



Clapet de sortie - N



Dalles isolantes du clapet - N



Évaporateur - E



Trappe d'accès amovible de l'évaporateur - E



Pose évaporateur - E



Évaporateur - N



Entrée d'eau évaporateur - E



Four à pain « Alpaga » - Conception Alter'éco 30



Enduit intérieur du gueulard - E



Isolation latérale - E



Réflecteur arrière du gueulard - E



Réflecteur de plafond du gueulard - E



Coffrage de la porte du four - E



Coffrage de la porte du foyer - E





Poignée de la porte du four - E



Portes avec enduit d'étanchéité - E



Dalle à inertie du plafond - E



Porte du foyer clapet fermé - E



Porte du foyer clapet ouvert - E

Porte du foyer  
ouverte, clapet  
ouvert



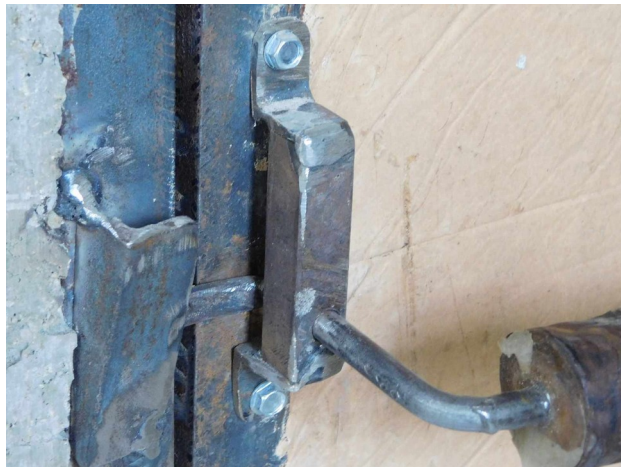
Four à pain « Alpaga » -



Conception Alter'éco 30



Porte du foyer : ouverte - E



Porte du foyer : fermée - E



Tuyau de cheminée, câble de réflecteur - E



Structure du foyer - E



Structure complète - E



Cheminée



Four à pain « Alpağa » - Conception Alter'éco 30



Combustion - E



Alpağa - N



Sortie du gueulard :  
flamme de chauffe - E

Pains de Nicolas - N



Pains de Jean-Michel - E

