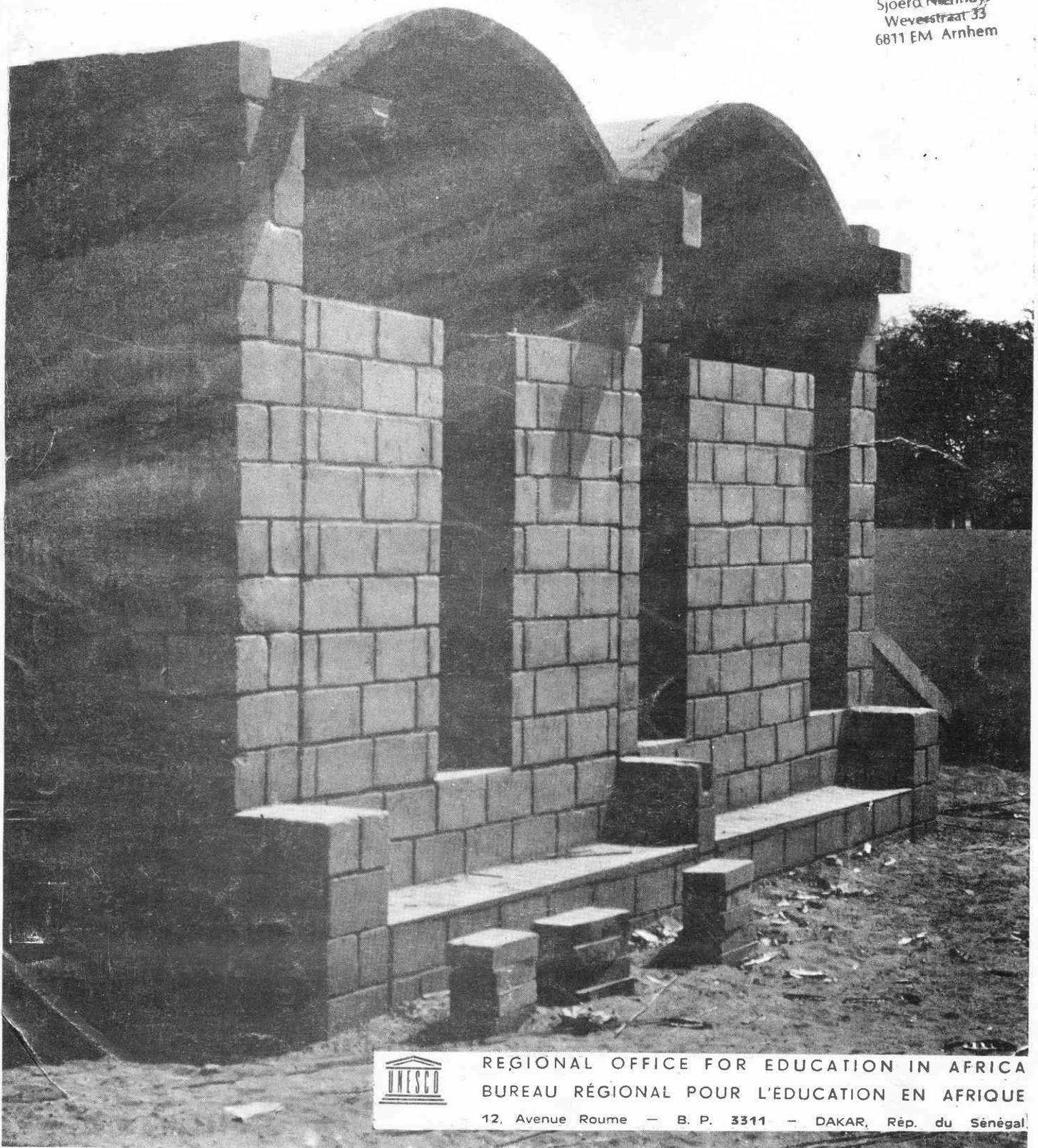


PROTOTYPE: STRUCTURE DE PORTEE COURTE

Sjoerd Nienhuys
Weverstraat 33
6811 EM Arnhem



REGIONAL OFFICE FOR EDUCATION IN AFRICA
BUREAU RÉGIONAL POUR L'ÉDUCATION EN AFRIQUE
12, Avenue Roume — B. P. 3311 — DAKAR, Rép. du Sénégal

PROTOTYPE - STRUCTURE
DE PORTEE COURTE



REGIONAL OFFICE FOR EDUCATION IN AFRICA
BUREAU RÉGIONAL POUR L'ÉDUCATION EN AFRIQUE

Boîte Postale 3311
DAKAR, Sénégal

Résumé analytique

(Technical report) on a (prototype) of (masonry construction) applying (short-span structures) using (local materials) and (unskilled workers). (Structural design) employs (arches) and (vaults) to minimize tensile forces and provide (space) for (learning activities). Local (climatic factors) and those of (Sahel) are discussed. Describes (testing) techniques and recommends (building materials) and (construction practices). Presents detailed (costs) analysis, (unit costs) for materials, (construction costs), experimentation costs and costs for (building design), (training) and (construction supervision). Conclusion discusses implications of (self-help) on (architectural concepts) and of (social factors) on use of appropriate (technology).

I N T R O D U C T I O N

Ce manuel a été établi à la suite des expériences faites sur un prototype construit à Dakar, en mai 1975.

Il rend compte des éléments fonctionnels et techniques qui ont été admis au départ. Il relate le déroulement de l'opération. Enfin, il décrit les essais effectués in situ avec des moyens sommaires, dont il a été tiré un enseignement qui a permis la formulation de certaines recommandations.

Plus qu'un aboutissement, cette première expérience doit être considérée comme la base concrète d'une **action** de développement. Ces premiers résultats, dont ce rapport, ne constitue qu'un reflet permettant d'affirmer que les options de base sont riches d'applications possibles et présentent un potentiel important de perfectionnements.

On souhaite que le moment venu, ces derniers fassent à leur tour l'objet de compte-rendus largement diffusés.

L'équipe des bâtiments éducatifs du BREDA ayant travaillé sur le prototype était composée de Messieurs Pierre BUSSAT, architecte SIA.FAS, conseiller régional, Oswald DELLICOUR et Sjoerd NIENHUYS, architectes experts-associés; Monsieur Christophorus POSMA, ingénieur/architecte expert-associé, s'est joint à l'équipe en février 1976.

L'étude a bénéficié des conseils de Monsieur Jean-Marie YOKOYAMA, ingénieur SIA, consultant en avril 1976.



L'architecte en chef :
Kamal EL JACK

CHAPITRE I

GENERALITES

CHAPITRE I - GENERALITES

1. OBJECTIFS

1.0 Faisant suite à plusieurs demandes, et notamment à celle du Directeur du Projet d'Enseignement Technique et Agricole (BIRD/AID) de participer à la conception et la construction de foyers ruraux et urbains, nous avons entrepris la construction d'un prototype de structure répondant à certains objectifs, soit :

- (i) pour expérimenter les techniques et avoir une notion exacte des coûts de construction des arches exécutées avec des blocs de ciment ("parpaings") de fabrication locale;
- (ii) pour expérimenter les techniques de construction et avoir une notion exacte des coûts de construction d'une toiture réalisée en voûte ou en voile mince;
- (iii) pour avoir une connaissance pratique des qualifications de la main-d'oeuvre disponible, au Cap-Vert en particulier;
- (iv) pour réaliser un modèle et démontrer les possibilités et difficultés des techniques exploitées anciennes ou nouvelles;
- (v) pour tirer des conclusions et recommandations générales qui puissent être utilisées non seulement pour des constructions communautaires urbaines et rurales, mais aussi pour des projets d'auto-construction assistée d'écoles et de logements.

2. CRITERES DU PROTOTYPE

2.0 Matériaux

2.1 Condition 1 : Les matériaux et techniques choisis doivent s'accorder avec les tendances actuelles qui poussent à utiliser pour les constructions permanentes les parpaings et les toitures en tôle ou en béton. Ceci donne la forme finale des habitations faites par la population qui ne sont souvent au début que des baraques en bois (1).

(1) Ref. Bijl, Jaap : L'habitat du plus grand nombre, Projet RUL-12, Universités de Leiden et Dakar, IFAN, Dakar, 1974.

- 2.2 Condition 2 : Les matériaux et techniques expérimentées dans le prototype assureront une contribution directe au développement socio-économique. Il faut éviter d'importer les matériaux et préférer aux produits industrialisés les matériaux bruts locaux, générateurs d'emploi de la main-d'oeuvre.
- 2.3 Par conséquent, en utilisant les matériaux de base non importés, on est pratiquement conduit à éviter le fer et le bois, autrement dit, les matériaux travaillant à la traction, d'un coût élevé et importés.
- 2.4 Dans ces conditions, c'est la mise en oeuvre de matériaux locaux travaillant à la compression sous des formes géométriques déterminées qui nous permettra de franchir des espaces de proportions raisonnables. Ceci implique le recours à des formes d'arches, voûtes ou dômes.

3. MAIN-D'OEUVRE DU CAP-VERT

- 3.1 La main-d'oeuvre disponible est abondante, mais généralement peu qualifiée dans le domaine de la vraie maçonnerie. On ne sait pas faire un appareillage de maçonnerie pour la jonction de deux murs, un double mur, ou des arches.
- 3.2 La formation de la main-d'oeuvre est faible et consiste surtout en pratique directe du travail sous la direction d'un maçon plus qualifié. Les maçons travaillent en régie, toujours en petite équipe avec des aides. La productivité est souvent faible à cause d'une perte de temps dans l'organisation du travail et en raison de l'irrégularité des approvisionnements.

4. SITUATION DE L'EMPLOI

- 4.0 Pour améliorer la situation de l'emploi dans un pays comme le Sénégal, on peut remarquer :
 - 4.1 qu'il est surtout souhaitable d'avoir un grand nombre d'emplois avec un minimum d'investissement. Selon les expériences faites dans plusieurs pays, l'investissement nécessaire pour créer un emploi dans le secteur, de la construction conventionnelle - dite "moderne" - est l'un des plus faibles (1-2 millions CFA/poste), comparé à l'industrie au Sénégal en 1975 où en moyenne un poste

revient à 8-10 millions CFA. La différence est encore plus grande quand on compare ces chiffres avec les investissements nécessaires pour créer des postes dans l'industrie moderne (ex. : pétro-chimie) qui reviennent à 80-100 millions CFA/poste;

4.2 que les nouveaux emplois ne demandent pas un niveau élevé de qualification technique. Ainsi, en ce qui concerne le marché des constructions, on ne demande pas un niveau technique élevé aux manoeuvres;

4.3 que le pourcentage de l'investissement en main-d'oeuvre pour un produit est plus élevé que l'investissement en capital pour les éléments constants du produit, c'est-à-dire surtout les matériaux de base. Par conséquent, le rapport matériaux/main-d'oeuvre de l'investissement doit être petit dans les pays ayant de grandes ressources en main-d'oeuvre sous-employée;

4.4 que, l'offre d'emploi étant limitée, l'échelle des salaires est variable et souvent largement étalée là où les moyens de production appartiennent aux particuliers, notamment dans la construction.

La structure du marché de la construction est très fractionnée, il n'y a pas de liaison horizontale ni verticale, ce qui implique :

- (i) fractionnement horizontal : la concurrence est très grande, donc on travaille toujours à un coût minimum dans le marché libre et non régulier;
- (ii) fractionnement vertical : les revenus et les profits des petites entreprises sont faibles et ne permettent guère une capitalisation.

4.5 qu'il faut opter pour une amélioration des apports individuels ou des petites communautés, faits en nature ou même en main-d'oeuvre faiblement rémunérée, en vue d'accroître la valeur ajoutée quantitative et qualitative du domaine bâti et de son environnement. Ces apports constituent une contribution importante, bien que difficilement comptabilisable, à la formation intérieure de capital brut.

5. RESSOURCES HUMAINES

- 5.1 Selon l'analyse de la situation de l'emploi pour un pays en voie de développement comme le Sénégal, il est évident que les ressources humaines restreintes en qualification justifient l'utilisation des matériaux locaux et des techniques appropriées.
- 5.2 Pour améliorer l'aspect physique de l'habitat, il faut par nécessité, passer par l'aspect économique. Mais les facteurs sociologiques conduisant à l'effet d'imitation sont souvent déterminants pour les décisions prises par l'individu dans ce domaine.
- 5.3 Par exemple, dans le milieu rural, ou en voie d'urbanisation, le choix de la tôle ondulée au lieu de la paille qui est moins chère et plus confortable du point de vue climatologique, est représentatif de l'un de ces facteurs déterminants : les gens choisissent une conversion d'argent en matériaux importés (tôle ondulée), ce qui représente un statut social d'acheteur, au lieu de l'exploitation d'un matériau local en vue de l'amélioration physique de leur environnement.

6. ROLE DE L'ARCHITECTURE

- 6.1 La conception du bâtiment dans l'environnement et de sa fonction, l'organisation des espaces, les aménagements intérieurs et extérieurs, les proportions et les habitudes des habitants, les matériaux et les modalités d'exécution, sont tous des éléments d'architecture entièrement liés les uns aux autres.
- 6.2 Pour cette raison, les solutions économiques ou de techniques simples pour construire à faible coût ou par l'auto-construction ne rencontrent pas toujours le succès attendu parce qu'elles ne répondent pas aux tendances psycho-sociologiques de la population.
- 6.3 Pour faire admettre aux populations l'utilisation de techniques alternatives et l'adoption de solutions économiques, il ne faut pas se limiter aux seuls critères de technique et d'économie : il faut également faire en sorte que les bâtiments répondent aux aspirations générales du point de vue esthétique, fonctionnel, etc.

6.4 Pour cette raison, la conception du prototype englobe les éléments techniques, économiques, du microclimat, de fonctionnement, de présentation et de finition (1).

6.5 Parmi les recommandations faites, nous devons essayer de tenir compte de tous les éléments dont nous connaissons l'importance dans les décisions de la population. Une adaptation constante sera nécessaire pour répondre dans la mesure du possible aux préférences individuelles ou à des conditions locales spécifiques.

7. CONCEPTION DU PROTOTYPE

Le système proposé et expérimenté par le BREDA est caractérisé par des portées courtes, entre murs porteurs implantés selon des parallèles. Le percement des murs porteurs au moyen d'arches permet de franchir des espaces jusqu'à environ 8m. Dans le sens perpendiculaire et des portées courtes, on peut couvrir soit avec des matériaux traditionnels, soit au moyen de voûtes ou de voile mince en ferro-ciment (2), à condition d'assurer la stabilité des murs porteurs au niveau de la partie centrale des arches.

(1) "Pour être parfait, tout logement doit réaliser 4 objectifs :

1. Il doit avoir une valeur culturelle et sociale (de ce point de vue le logement traditionnel est sans doute ce qu'il y a de mieux)
2. Il doit être suffisamment bon marché pour que le plus grand nombre puisse se le procurer (dans les contextes primitif et vernaculaire la plupart des gens, sinon tous ont une maison)
3. Il devrait maintenir ses occupants en bonne santé. (Par rapport au climat, le logement traditionnel est une réussite, par rapport à la salubrité et aux parasites, c'est en général un échec).
4. Il devrait y avoir un minimum d'entretien durant la vie du bâtiment (ici l'évidence est douteuse)".

"... La disparition de l'art populaire est peut-être dû au fait que le vocabulaire n'est pas limité et que le choix devient trop difficile. L'art populaire serait alors considéré non comme le résultat d'on ne sait quel mystérieux bon goût, mais comme le résultat de la science de choisir parmi un nombre limité de propositions agréées.... Le manque de "goût" des produits et des bâtiments modernes peut être simplement une incapacité à choisir en dehors du cadre des formes traditionnelles".

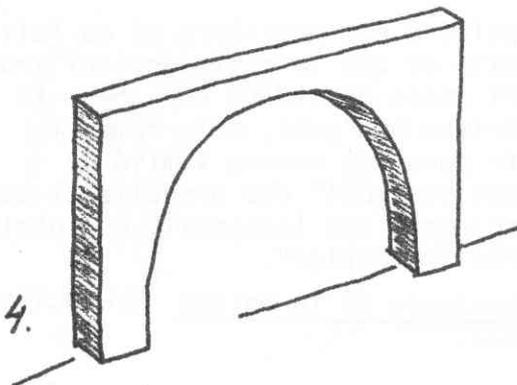
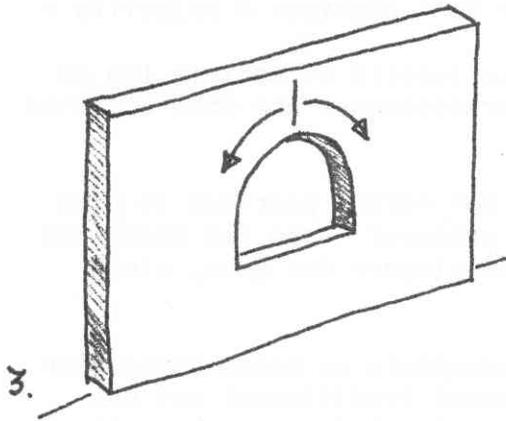
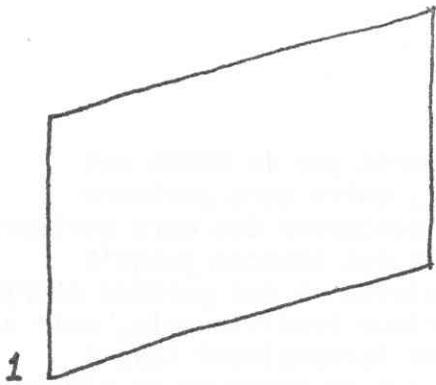
Amos Rappoport : Pour une anthropologie de la maison (traduction)
Dunod, Paris 1972.

- (2) Réf. UNEDBAS : Structure flexible de portée courte pour bâtiments éducatifs économiques (trad. angl. et arabe),
Bureau Régional pour l'Education de l'UNESCO,
Beyrouth 1973.

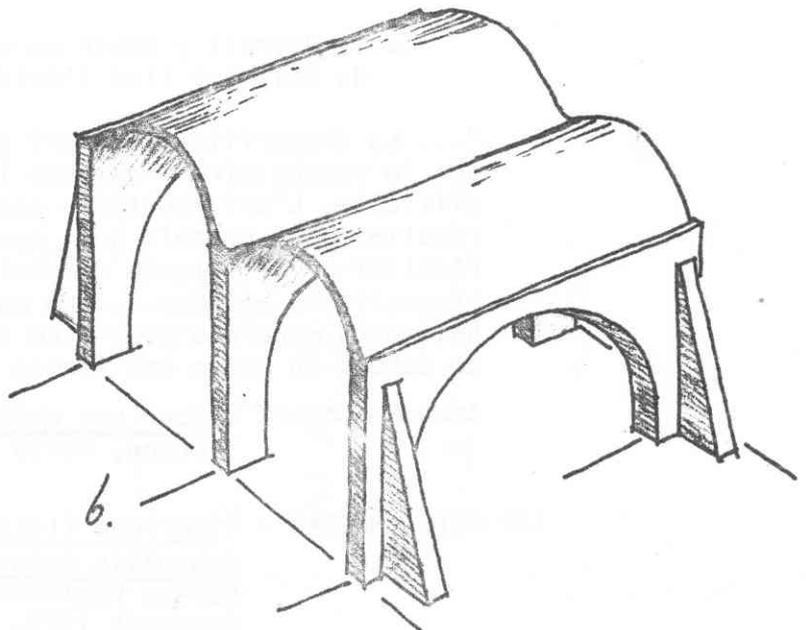
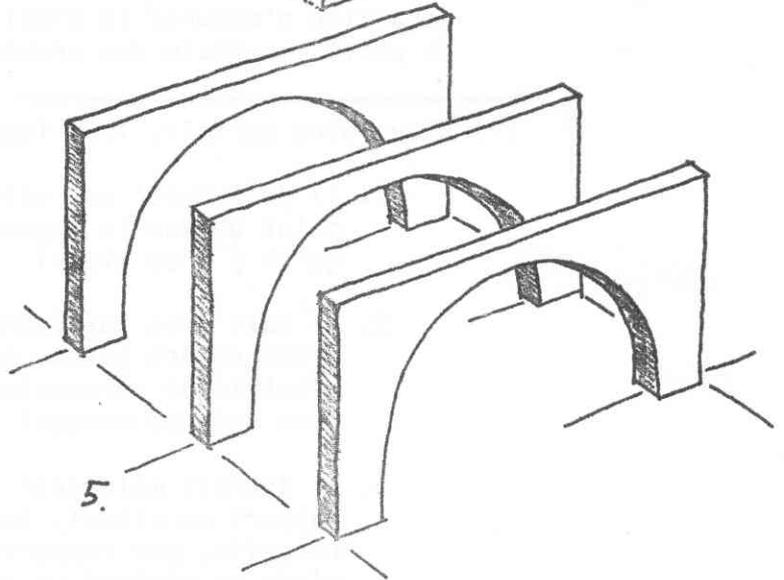
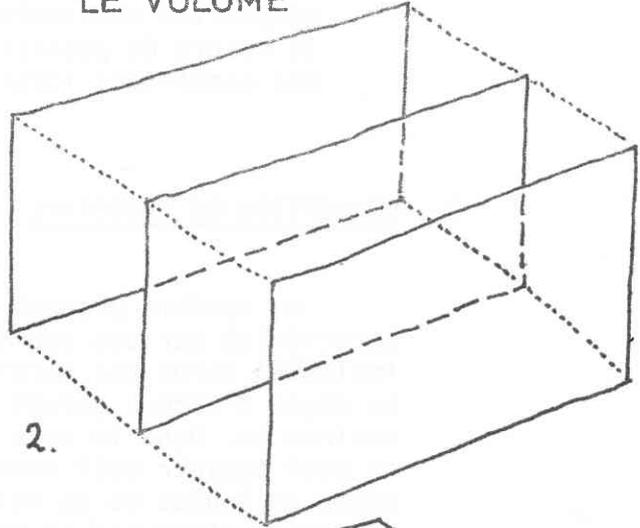
PRINCIPE CONSTRUCTIF

STRUCTURE DE PORTEE COURTE

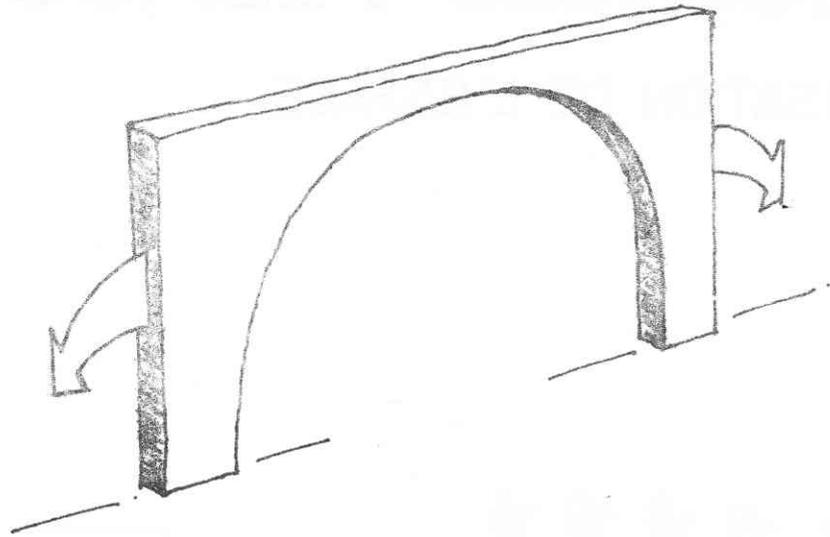
LE PLAN VERTICAL



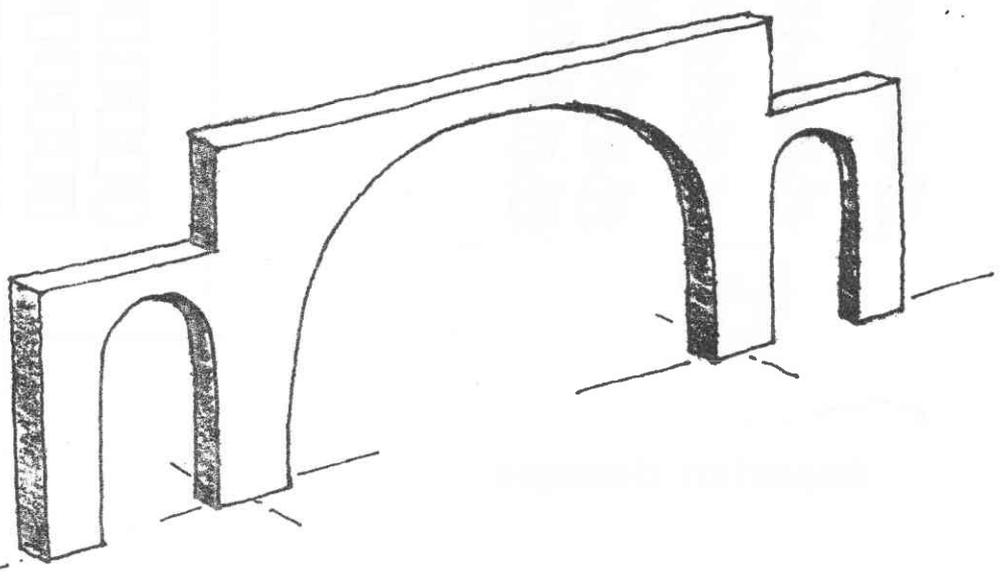
LE VOLUME



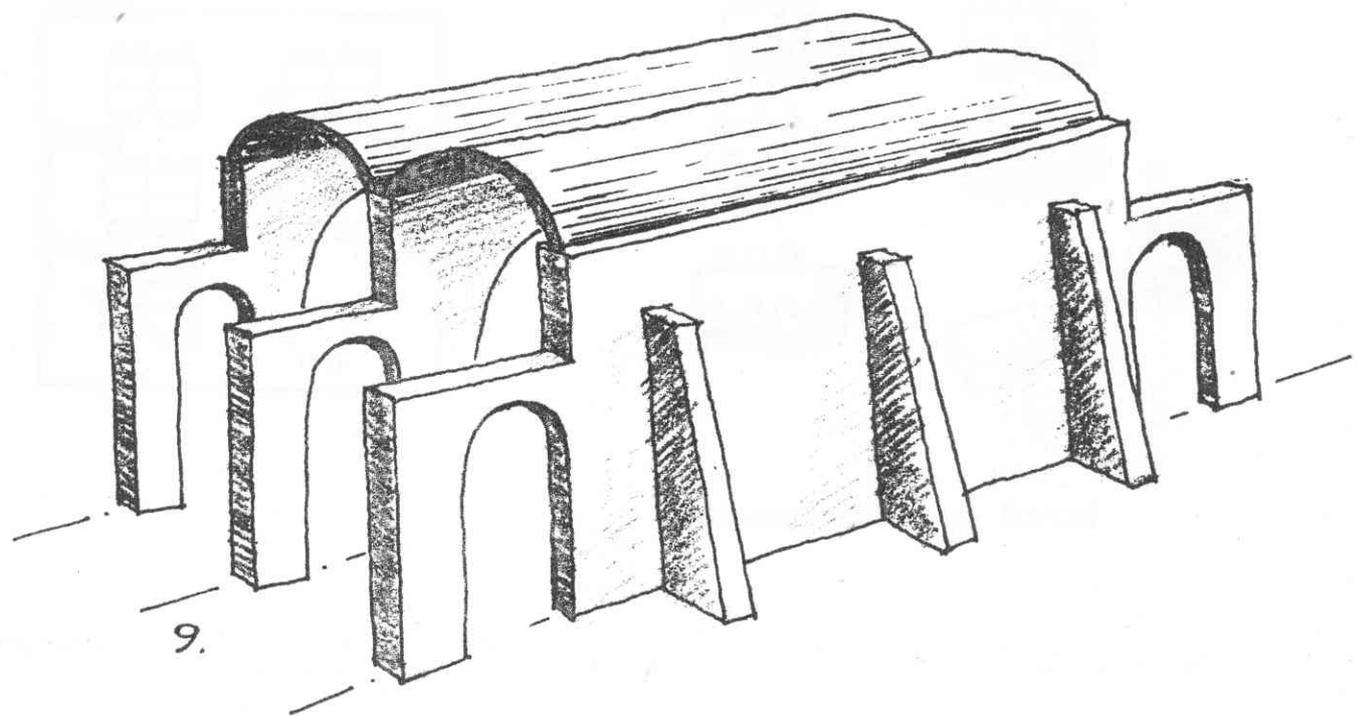
7.



8.



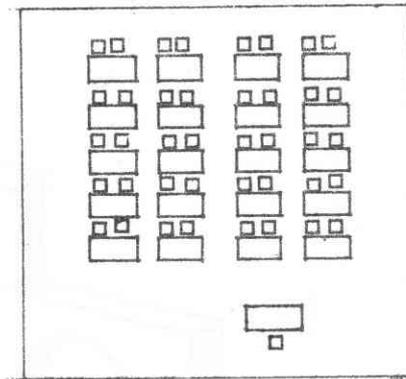
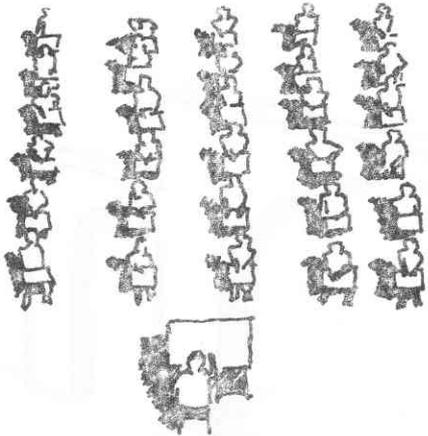
9.



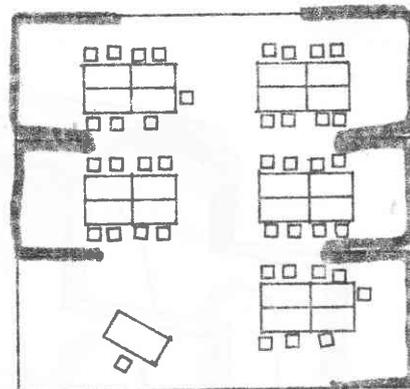
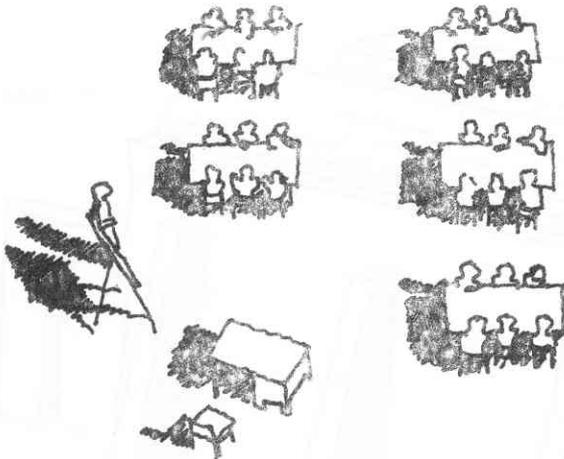
EXIGENCES PEDAGOGIQUES

UTILISATION DE L'ESPACE

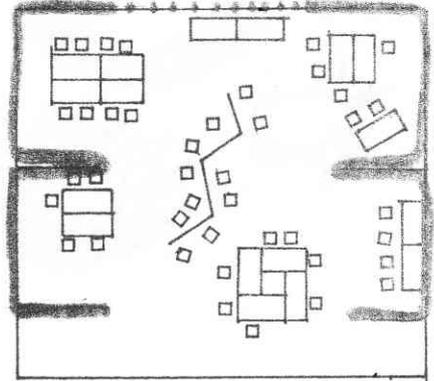
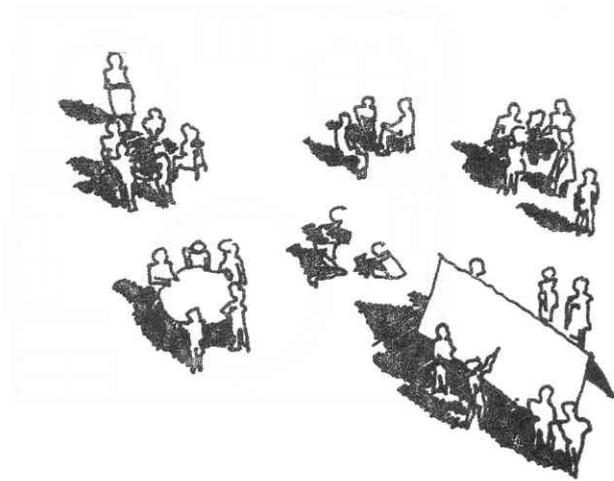
FLEXIBILITÉ



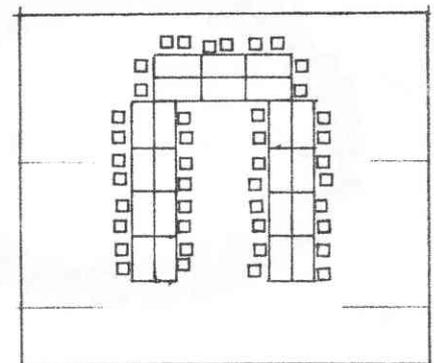
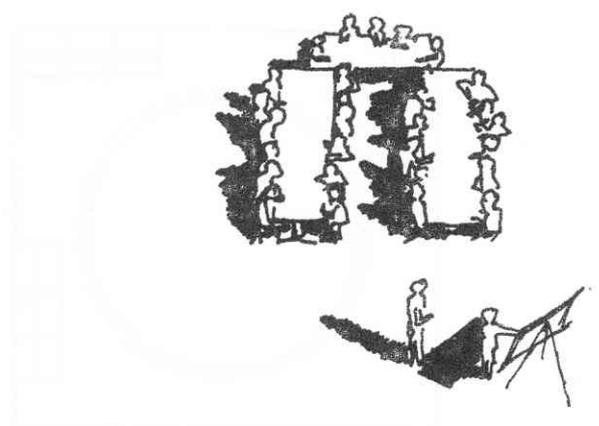
disposition classique



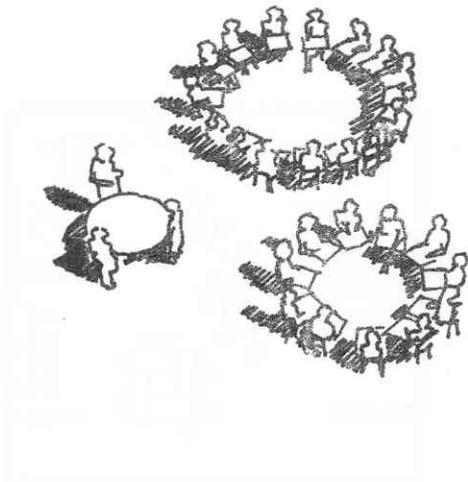
travail en petits groupes



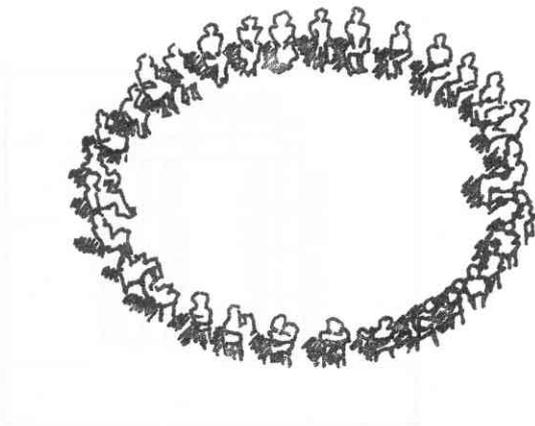
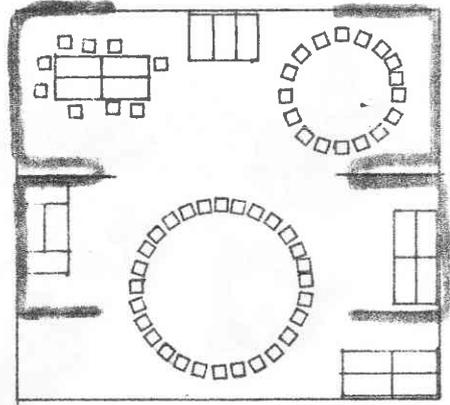
activités libres



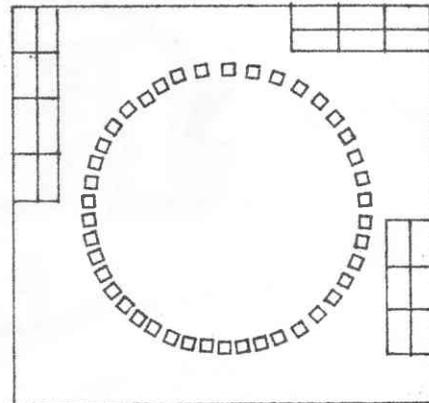
travail en groupe
autour des tables

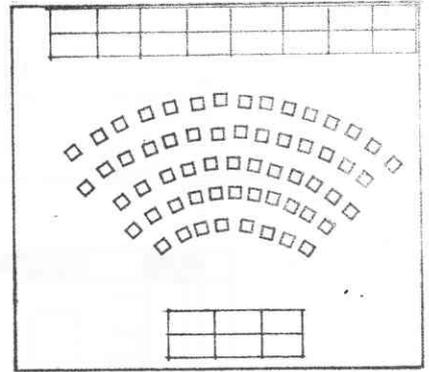
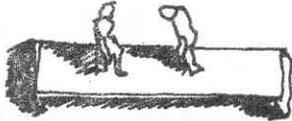
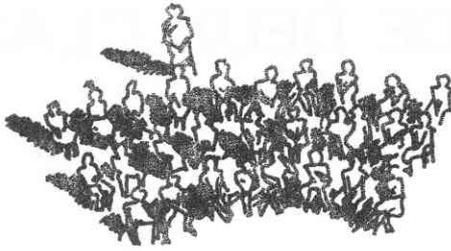


division en groupes

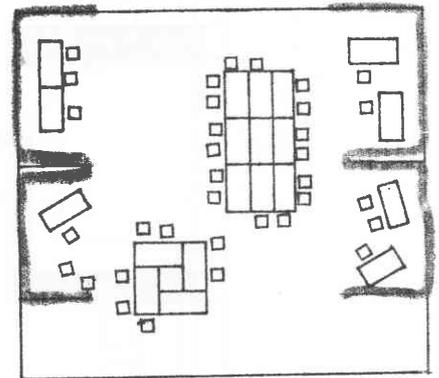


travail commun où tous
les élèves peuvent parler librement



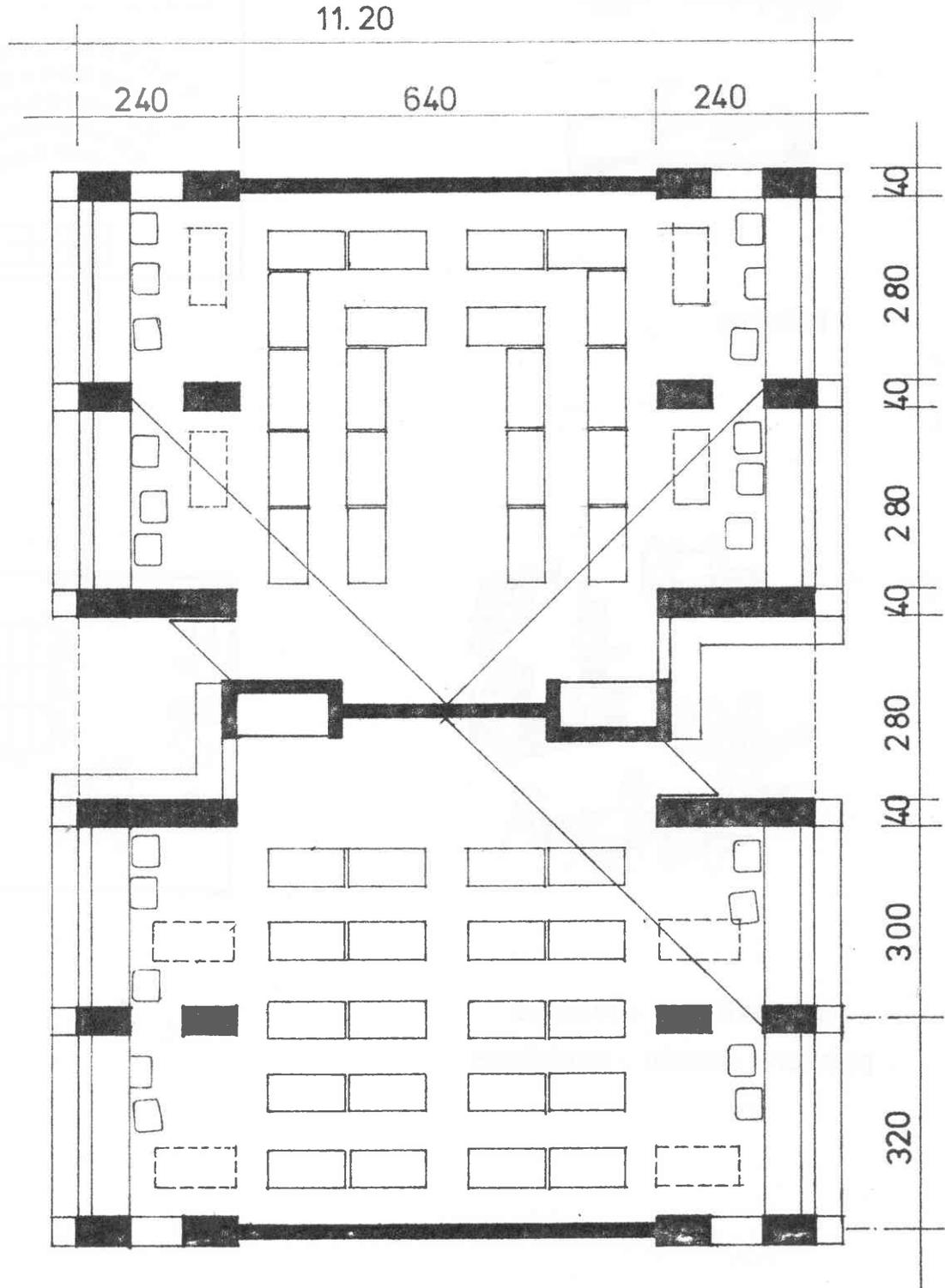


théâtre



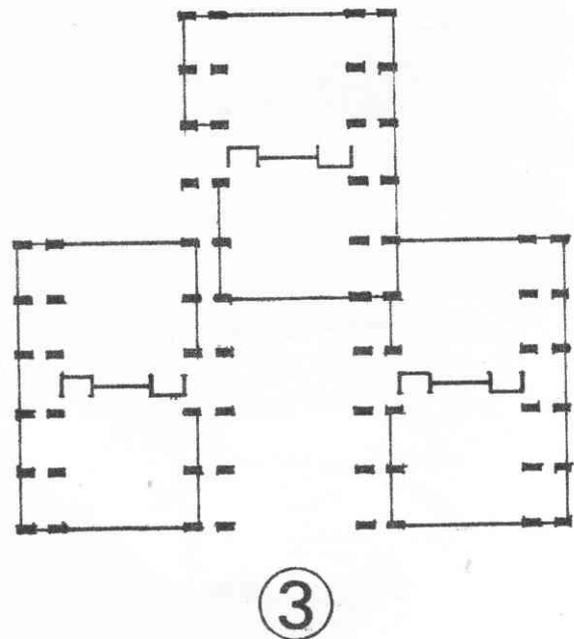
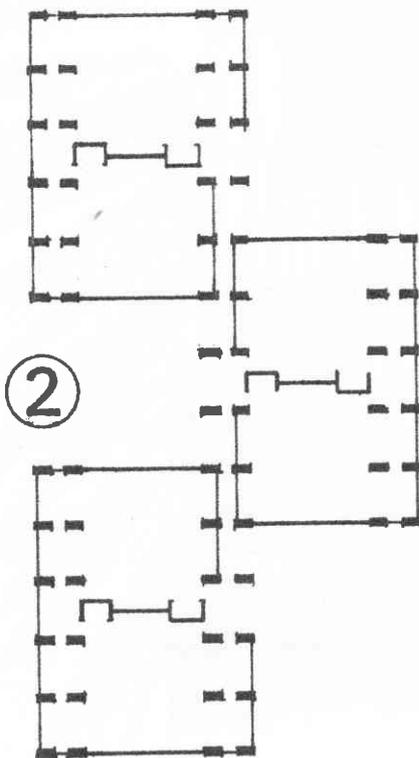
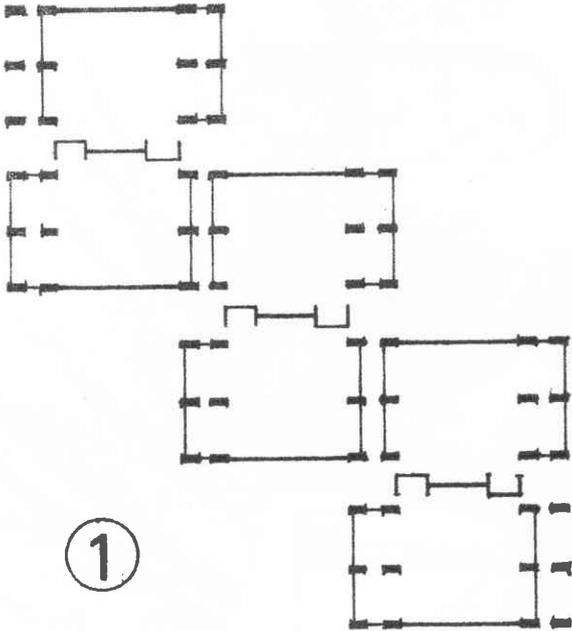
occupations diverses
peinture, dessin, modelage

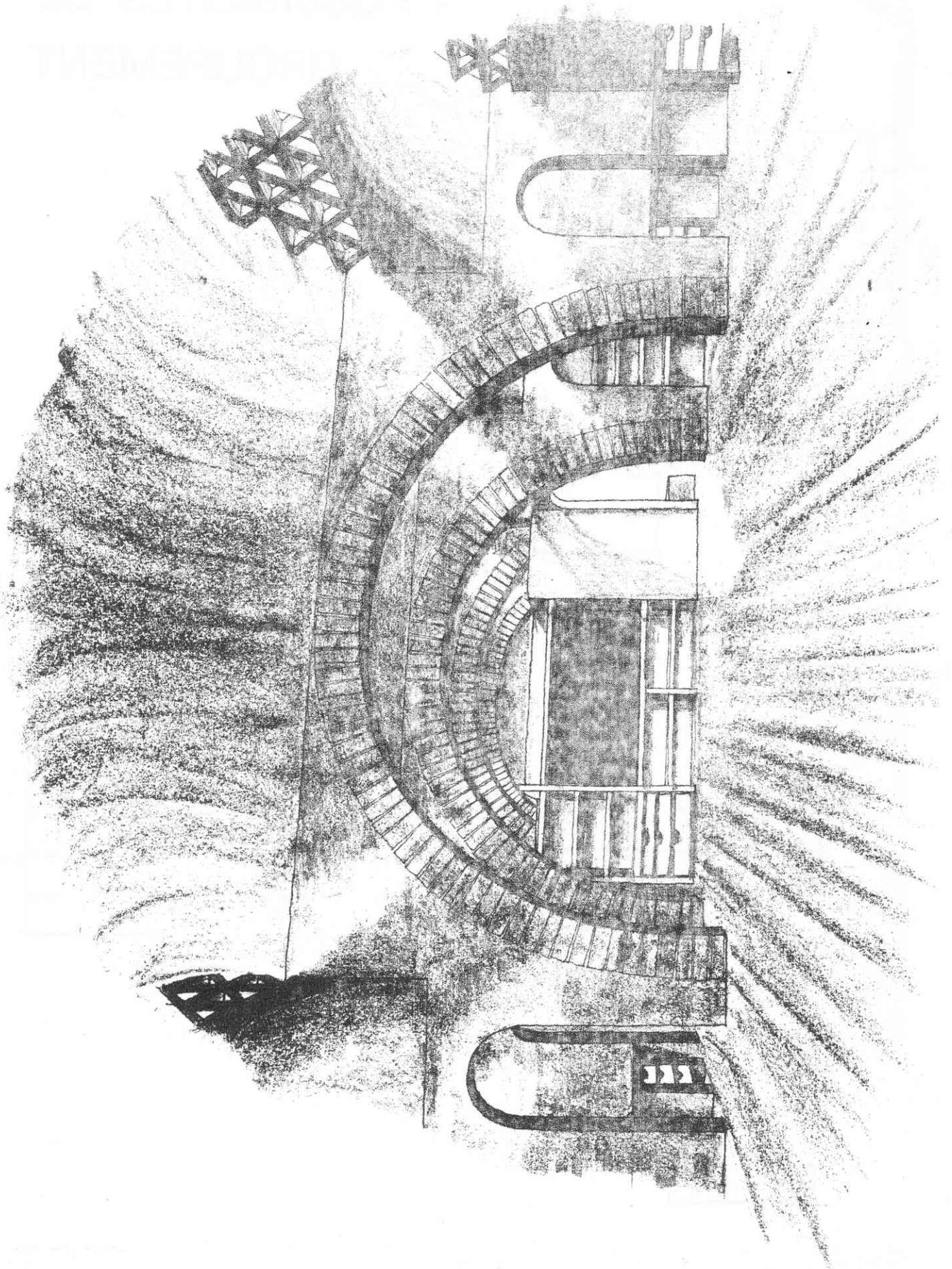
ESQUISSE D'UNE UNITE DE DEUX CLASSES



ECHELLE 1/100

POSSIBILITES DE GROUPEMENT

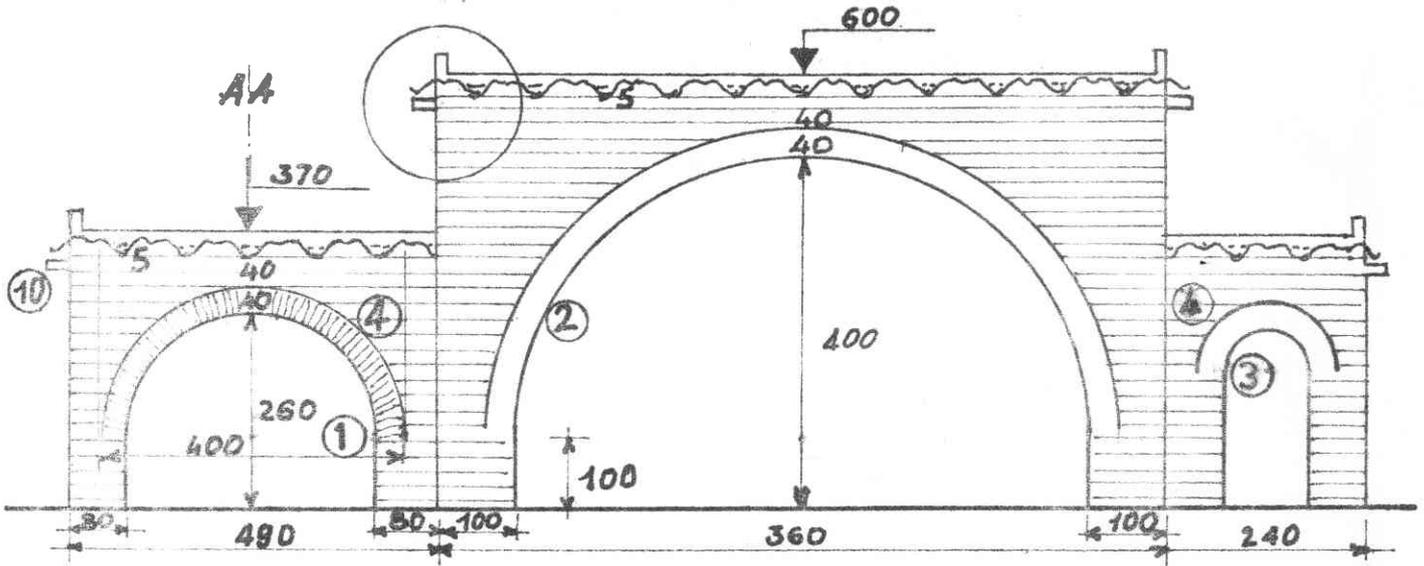




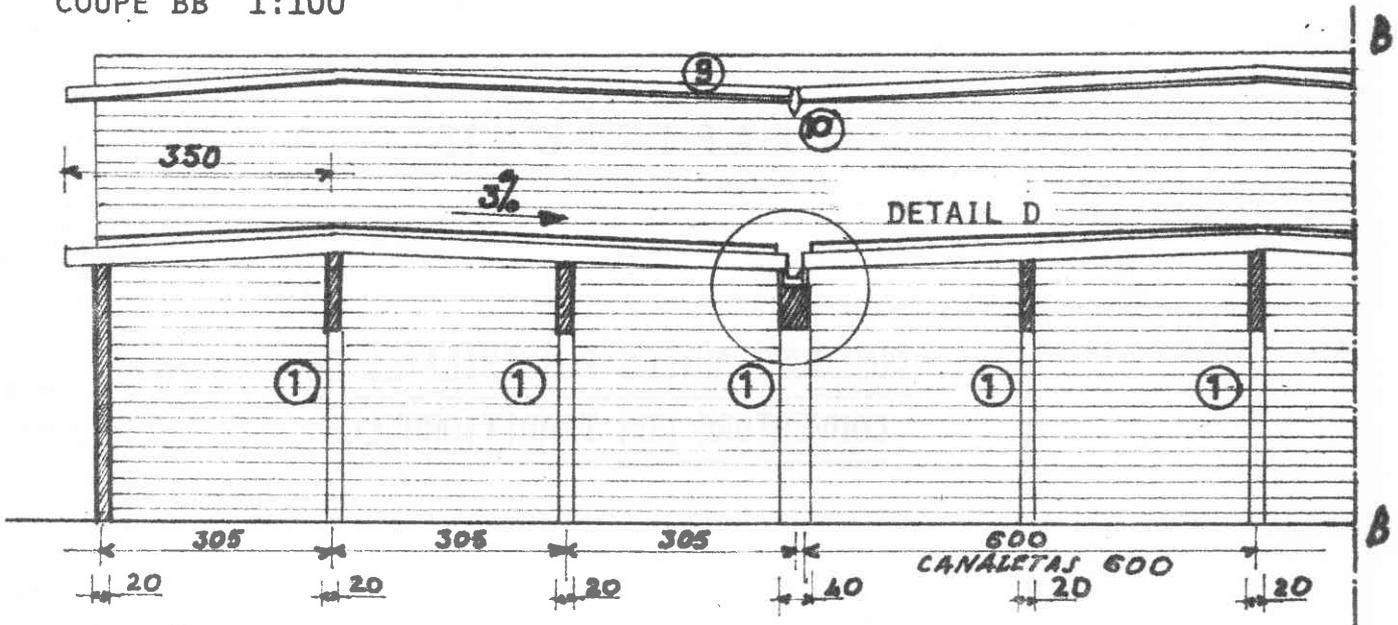
CHAPITRE II

QUELQUES AUTRES POSSIBILITES DE COUVERTURE NON TRADITIONNELLE

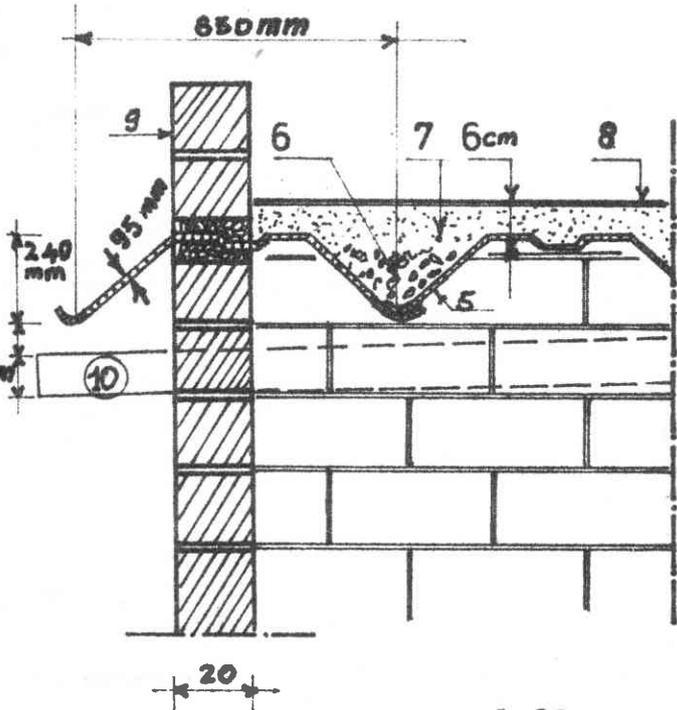
DETAIL C



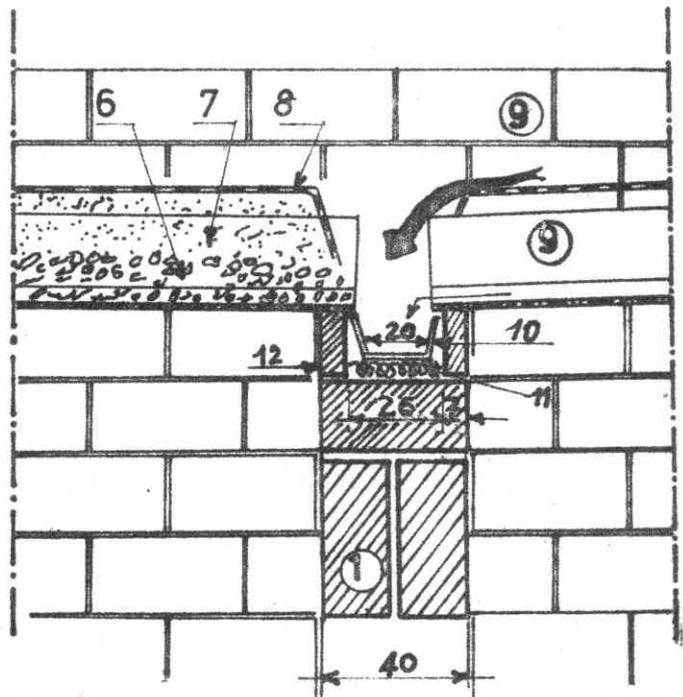
COUPE BB 1:100



COUPE AA 1:100



DETAIL C 1:20



DETAIL D 1:20

1. COUVERTURE AVEC BACS AUTOPORTANTS EN AMIANTE-CIMENT RENVERSEES

MATERIAUX UTILISES POUR MURS OU ARCHES EN BLOCS OU BRIQUES

Description de l'arche sans fondation : 4.00 m x 3.00 m	Quantités
blocs de coffrage (réutilisables assemblés à sec)	1.5 m3
Arc 20cm épaisseur	
blocs 20 x 20 x 40 =	80 blocs
blocs pour les piliers (20 x 40)	34 blocs
blocs d'arche 20 x 10 x 40	50 blocs
blocs du mur 20 x 20 x 40	60 blocs
ciment pour l'assemblage (1 : 4)	150 litres
Arc 40cm épaisseur	
blocs de coffrage 20/20/40	160 blocs
blocs d'arche 20 x 10 x 40	100 blocs
blocs du mur 20 x 20 x 40	80 blocs
blocs de gouttière 20 x 7 x 40	20 blocs

MATERIAUX UTILISES POUR 1 M2 DE TOITURE

Description	Quantités
Canaletas amiante-ciment (5) utile - 850mm x 6.00m en ailes symétriques 1 m2 - 1.1 m2 (dépendant du porte à faux)	
coquillages (6)	0,05 m3
terre ou gravier (7)	0,07 m3
Pour chape ciment	
sable (30 kgs)	15 litres
ciment (15 kgs)	5 litres
chaux vive sur émulsion gravier avec bitume froid (2cm)	20 litres
chaux vive (dernière couche) (1 travée = 15 m2)	2 litres
Bordure en blocs 20/20/40 ou bordure en béton	5 blocs/ml 0.1 m3

ENTRETIEN :

chaque année nettoyage gouttière
tous les 5 ans contrôle couche (8)

OBSERVATIONS :

grande capacité isothermique
construction sans fer

LEGENDE

1. Arche en blocs ciment ou briques
2. Arche 7.60m hauteur 1.00 + 3.80m
3. Arche 0.80m hauteur 2.00 + 0.40m
4. Arche 3.20m hauteur 1.00 + 1.60m
5. Canaletas 600 Eternit
utilisation utile 850mm
épaisseur 8.5mm pente 3%
6. Coquillages - drainage secondaire,
fonction : réduction pression vapeur
7. Terre (terre peu argileuse)
8. Couche bitumineuse grains de riz
et émulsion à froid ou
chape ciment-chaux
9. Blocs ou bordure en béton
10. Gargouille - extension gouttière
11. Lit ciment pour support de la
gouttière et niveau de pente
12. Blocs 7 x 20 x 40cm - support des
canaletas - entre les blocs et
la gouttière

Poids mort de la toiture 150-200 kg/m2
Pas d'ancrage nécessaire

Gouttière tous les 12.20m
Murs porteurs tous les 3.05m

2. COUVERTURE AVEC PLAQUES ONDULÉES EN AMIANTE-CIMENT FORMANT COFFRAGE PERDU

MATERIAUX UTILISES MUR OU ARCHE EN BLOCS OU BRIQUES

Description de l'arche sans fondation 4.60 x 3.30 m	Quantités
Arche 20cm	
blocs de coffrage réutilisables, assemblés à sec en blocs 20x20x40	125 blocs
construction 1 pilier (20 x 40)	19 blocs
construction arche en blocs de 10 x 20 x 40	60 blocs
construction mur 20 x 20 x 40	60 blocs
ciment pour assemblage (1.4)	200 litres

Description arche 9.20 x 5.20 m

Arche 40cm	
blocs de coffrage 20 x 20 x 40	30.5 m3
assemblage à sec	770 blocs
blocs d'arche 20 x 20 x 40	120 blocs
blocs du mur 20 x 20 x 40	350 blocs
ciment pour l'assemblage (1 : 4)	600 litres

LEGENDE

1. Arche 3.80m blocs ciment ou briques cuites
2. Arche 7.60m hauteur 1.00 + 3.80m
3. Arche 1.00m hauteur 1.60 + 0.50m
4. Eternit plaques cintrées
longueur 2.90 m
largeur utile 0.708m
largeur dernière plaque 0.918m
5. Terre stabilisée 1 ciment/20 sable
épaisseur 5cm min.
6. Chape ciment - chaux min. 1 cm
7. Lit ciment - fixation plaques
8. Gargouille en blocs
10. Renforcement de la gouttière à l'endroit de la chute d'eau de la gargouille au-dessus en sable-ciment (3 : 1)

Les murs de tête et les murs de plus de 4m ont 40cm d'épaisseur

Poids mort de la toiture 120 kg/m2
Pas d'ancrage nécessaire

Longueur des murs N x 0.708m
La différence de la dernière plaque utilisée comme auvent

Pente de 2% vers la gargouille

MATERIAUX UTILISES POUR 1 M2 DE TOITURE

Description	Quantité
plaques cintrées A.C.	1.2 m2
terre stabilisée (1 ciment : 20 sable)	0.07 m3
Pour chape ciment-chaux sable	10 litres
ciment	3 litres
chaux vive	1 litre
1 travée = 16 m2	
Bordure de la toiture	3 blocs/ml

ENTRETIEN :

contrôle chape ciment pour l'étanchéité

OBSERVATIONS :

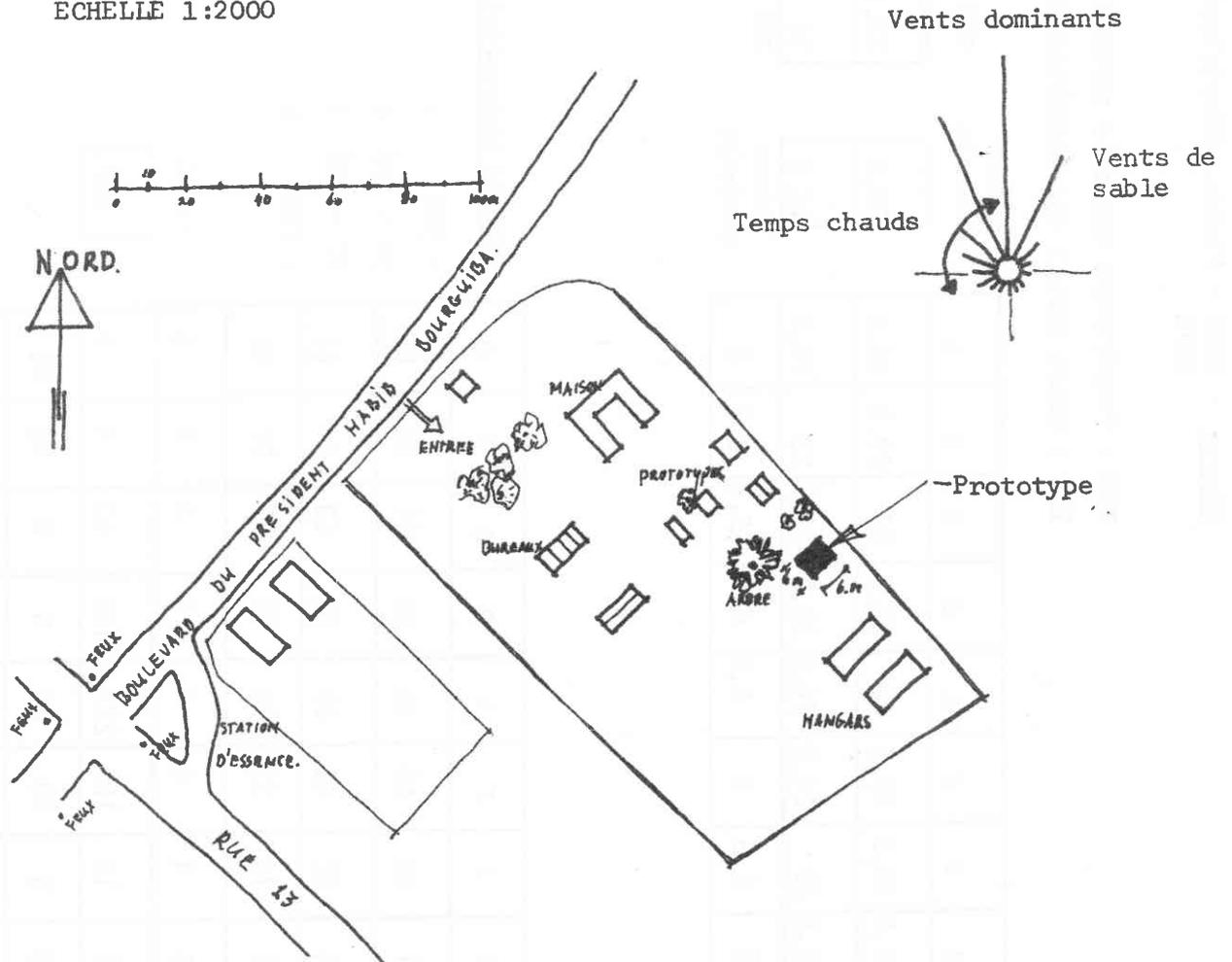
grande capacité isothermique
construction sans fer
pas de pression horizontale existante
utilisable pour régions avec faibles précipitations mensuelles (100-200mm)

CHAPITRE III

ETUDE DU PROTOTYPE SUR LE TERRAIN DU
SERVICE DE L'HABITAT RURAL A DAKAR
ET ETUDES CLIMATIQUES

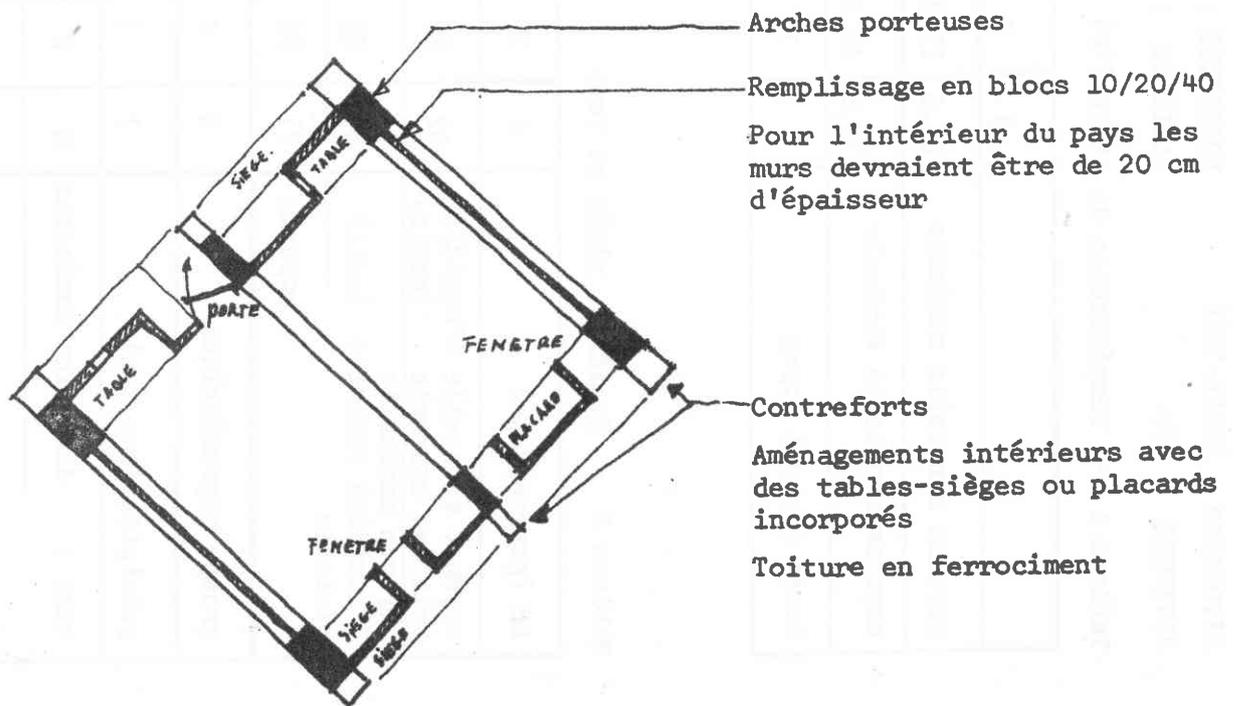
1. PLAN DE SITUATION

ECHELLE 1:2000



2. ETUDE CLIMATOLOGIQUE

CROQUIS 1:100



TABLEAUX DE MAHONEY*

Source : SMUH - Fiches climatologiques
1970

SITUATION : DAKAR-YOFF LONGITUDE : 17° 30' W
ALTITUDE : 22m LATITUDE : 14° 44' N

TAM : Température annuelle moyenne
EAT : Ecart annuel des températures

Tableau 1 - Températures de l'air (°C).

	J	F	M	A	M	J	J	J	A	S	O	N	D
moyenne mensuelle maximale	24,5	23,5	24,5	24,5	25,5	28,5	29,5	30	30,5	30	29,5	26,5	
moyenne mensuelle minimale	17,5	16,5	17,5	18,5	19,5	23	24,5	24,5	24,5	24,5	23	20,5	
écart mensuel moyen	7	7	7	6	6	5,5	5	5,5	6	5,5	6,5	6	

valeur maximale

30,5
16,5

valeur minimale

23,5
14

Tableau 2 - Humidité, pluie et vent

HR (pourcentage)	J	F	M	A	M	J	J	J	A	S	O	N	D
moyenne mensuelle d'humidité relative maximale (matin)	92	88	93	90	91	86	84	86	92	91	90	86	
moyenne mensuelle d'humidité relative (nuit) minimale	50	52	59	62	64	62	62	66	65	63	54	41	
moyenne	71	70	76	76	77	74	73	76	78	77	72	63	
groupe hygrométrique	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	
précipitations (mm)	1	1	0	1	3	10	104	223	195	60	4	5	
vent : direction dominante	N	N	N	N	N	N	NO	NO	N	N	NE	NE	
direction secondaire	NE		NO	NO		NO		0			N		

Groupes hygrométriques

- 30% 1
- 30 - 50% 2
- 50 - 70% 3
- + 70% 4

total

607

* "Conception des habitations à bon marché et de leurs équipements collectifs", Vol. I, Climat et Habitat, Nations Unies, New-York 1973.

TABLEAUX DE MAHONEY

SITUATION : DAKAR-YOFF

Tableau 5 - Recommandations ayant trait à l'avant-projet

totaux indicateurs repris du tableau N°4						Recommandations
humide			aride			
H1	H2	H3	A1	A2	A3	
6	6	3	0	0	1	
						plan masse
			0 - 10			V 1. bâtiments orientés suivant un axe longitudinal est-ouest afin de diminuer l'exposition au soleil 2. plans compacts avec cours intér.
				11 ou 12	5 - 12 0 - 4	
						espacements
						3. grands espacements pour favoriser la pénétration du vent
						V 4. comme 3, mais avec protection contre le vent froid/chaud 5. plans compacts
					11 ou 12 2 - 10	
						circulation d'air
						V 6. bâtiments à simple orientation. Dispositions permettant une circulation d'air permanente
					3 - 12 1 ou 2 0 - 5 6 - 12	
						7. bâtiments à double orientation permettant une circulation d'air intermittente 8. circulation d'air inutile
					0 2 - 12 0 ou 1	
						ouvertures
						9. grandes ouvertures, 40 à 80% des façades N et S
						10. très petites ouvertures, 10 à 20%
						V 11. ouvertures moyennes, 20 à 40%
					0 ou 1 11 ou 12 0 ou 1	
						murs
						V 12. murs de construction légère; décalage horaire de faible durée 13. murs intérieurs et extérieurs massifs
					0 - 2 3 - 12	
						toitures
						V 14. toitures légères et isolantes 15. toitures lourdes; décalage horaire supérieur à 8 heures
					0 - 5 6 - 12	
						sommeil en plein air
						16. nécessité d'un emplacement pour le sommeil en plein air
						protection contre la pluie
						V 17. nécessité d'une protection contre les pluies violentes
						3 - 12

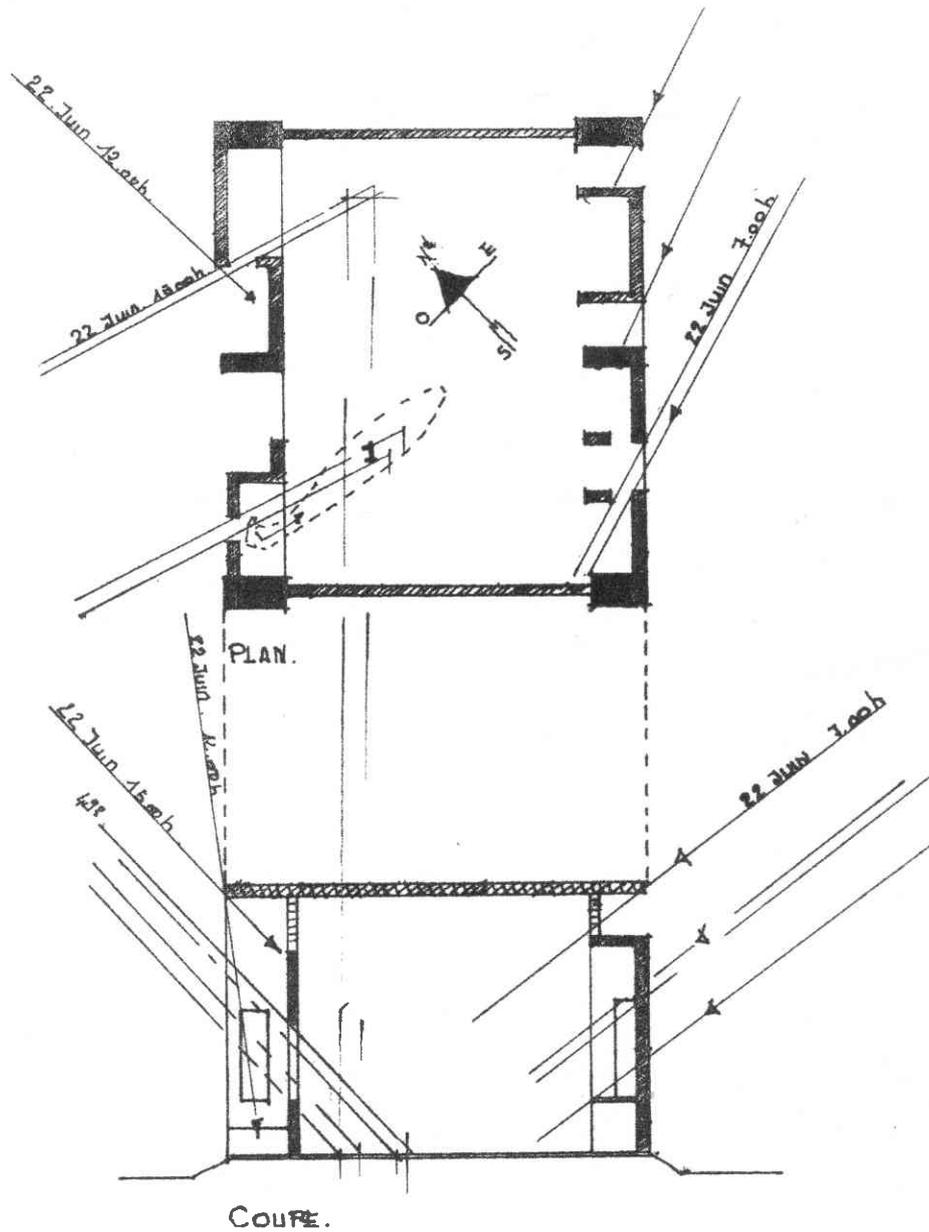
RECAPITULATION

ANALYSE CLIMATOLOGIQUE SELON METHODE MAHONEY

recommandations	Régions						
	Dakar-Yoff	Diourbel	Kaplack	Matam	Saint Louis	Tambacounda	Ziguinchor
V = essentiel X = situation cas limites							
plan masse							
1. bâtiments orientés suivant un axe longitudinal est-ouest afin de diminuer l'exposition au soleil	V	V	V		V	V	V
2. plans compacts avec cours intérieures		X		V			
espacements							
3. grands espacements pour favoriser la pénétration du vent						X	
4. comme 3, mais avec protection contre le vent froid/chaud	V	V	V	V	V	V	V
5. plans compacts							
circulation d'air							
6. bâtiments à simple orientation. Dispositions permettant une circulation d'air permanente	V	V	V			V	V
7. bâtiments à double orientation permettant une circulation d'air intermittente		X		V	V		
8. circulation d'air inutile							
ouvertures							
9. grandes ouvertures, 40 à 80% des façades N et S							
10. très petites ouvertures, 10 à 20%		V		V			
11. ouvertures moyennes, 20 à 40%	V		V		V	V	V
murs							
12. murs de construction légère; décalage horaire de faible durée	V						
13. murs extérieurs et intérieurs massifs		V	V	V	V	V	V
toitures							
14. toitures légères et isolantes	V				V		V
15. toitures lourdes; décalage horaire supérieur à 8 heures		V	V	V		V	
sommeil en plein air							
16. nécessité d'un emplacement pour le sommeil en plein air		V	V	V			
protection contre la pluie							
17. nécessité d'une protection contre les pluies violentes	V		X			X	V

3. ETUDE D'ENSOLEILLEMENT

3.1 ANGLES SOLAIRES CRITIQUES DU 22 JUIN (TEMPS CHAUDS)



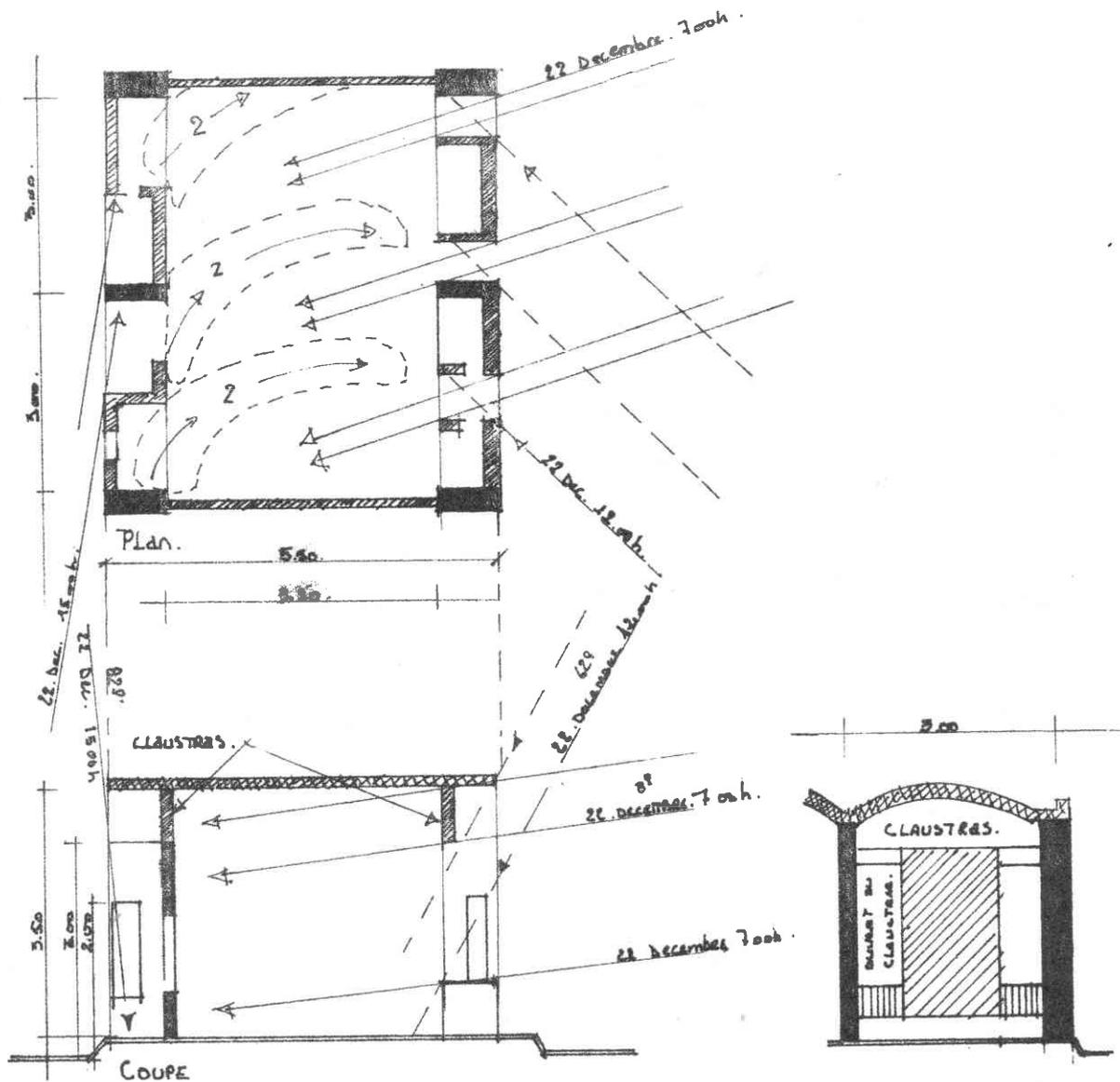
Heures solaires : 7h00 et 15h00

Heures locales correspondantes : 8h00 et 16h00

1. Zone ensoleillée entre 14h00 et 16h00 heures locales

A 12h00 pas de pénétration du soleil

3.2 ANGLES SOLAIRES CRITIQUES DU 22 DECEMBRE (TEMPS FROIDS)



Le matin, entre 7h00 et 11h00 le soleil pénètre dans le bâtiment pour le chauffer. Ces heures correspondent à 9h00 et 12h00 locales.

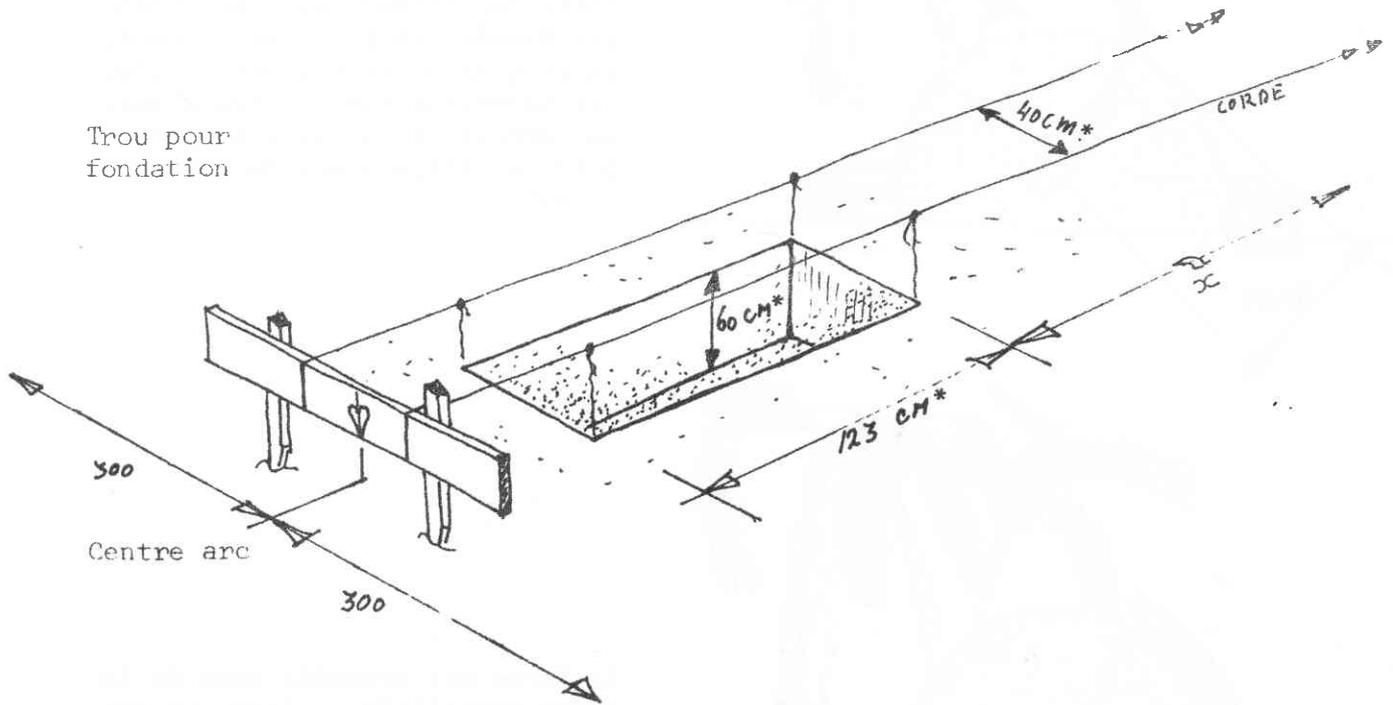
2. Zone ensoleillée le matin (mur inclus)

A 15h00 pas de pénétration du soleil

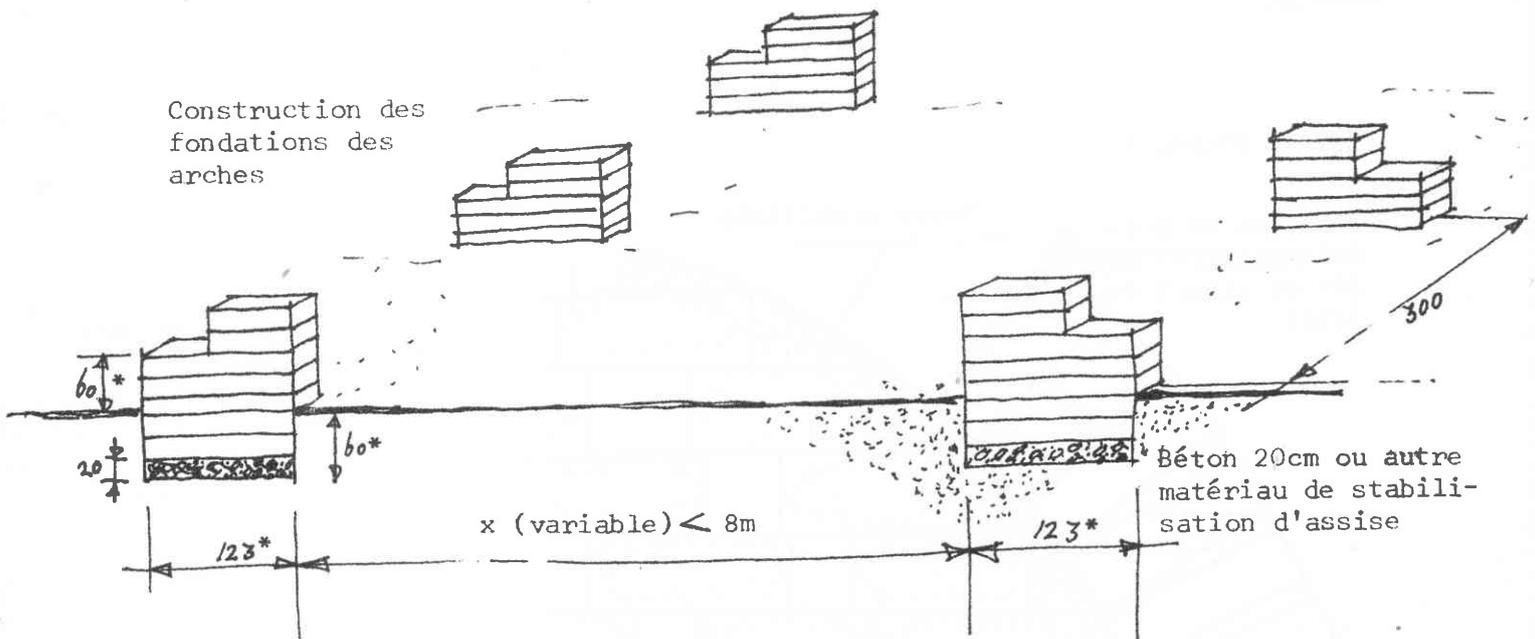
CHAPITRE IV

ESSAIS ET RECOMMANDATIONS POUR LA MACONNERIE

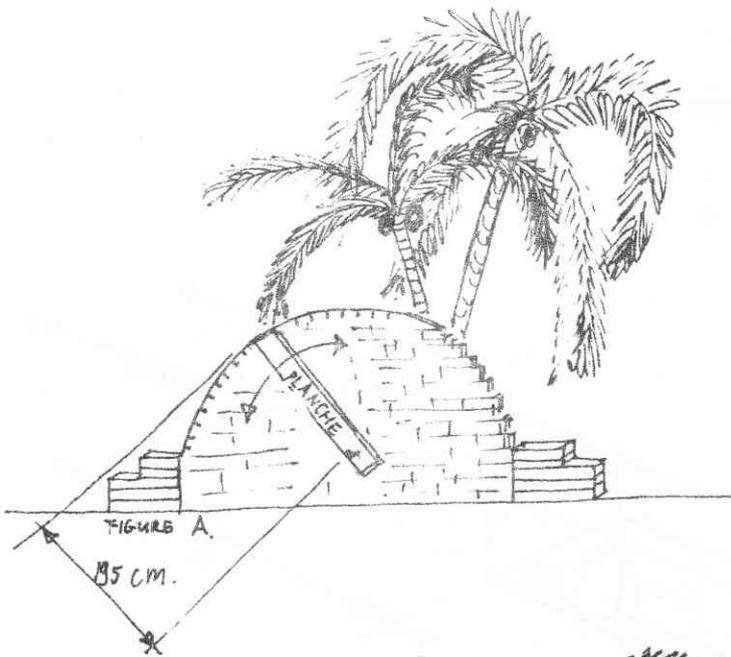
1. MODE DE CONSTRUCTION D'UN ARC SUR UN CINTRE DE MAÇONNERIE A SEC



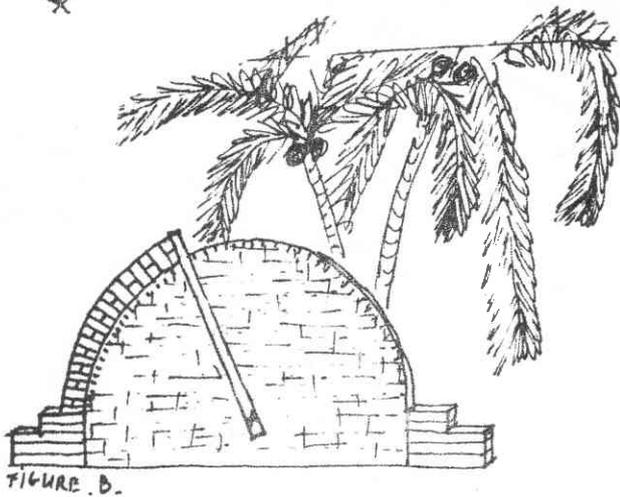
Construction des fondations des arches



* Ces dimensions varient en fonction des charges effectives et des caractéristiques mécaniques du sol

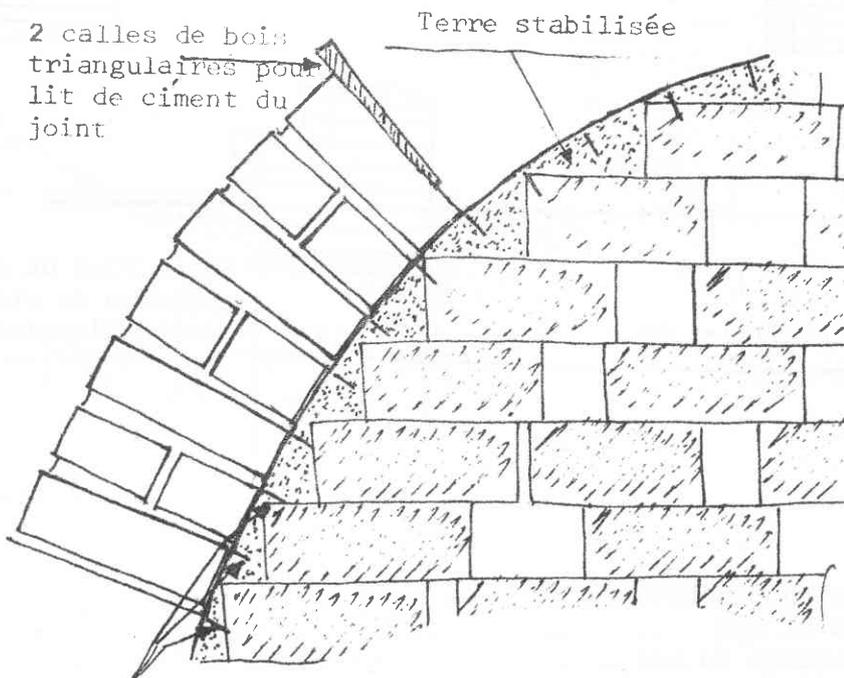


Entre les fondations une forme est élevée en blocs de ciment, en briques ou en briques séchées. Ces matériaux sont montés à sec. La largeur de la planche correspond à l'épaisseur du bloc de ciment.



La forme est arrondie avec de la terre stabilisée. L'arc est appareillé sur la forme au moyen de blocs de ciment ou autres matériaux résistant à la compression.

DETAIL FIGURE B



Blocs de ciment appareillage à sec

Marques faites avant la construction de l'arche

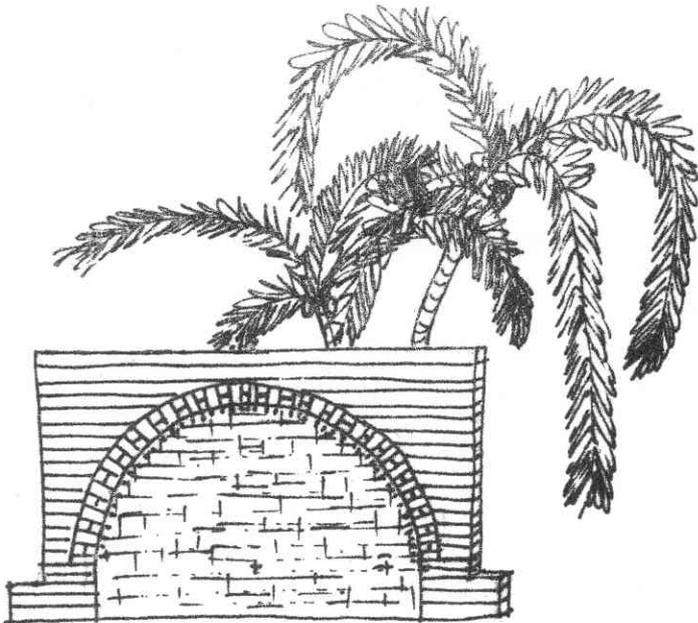


FIGURE .C.

Lorsque le cintre est achevé,
le mur est monté avec les
blocs de ciment ou autres
matériaux voulus.

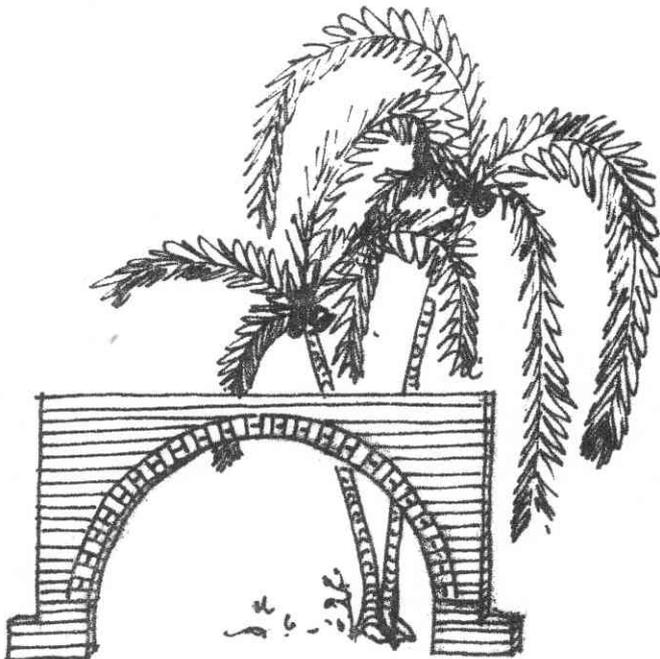
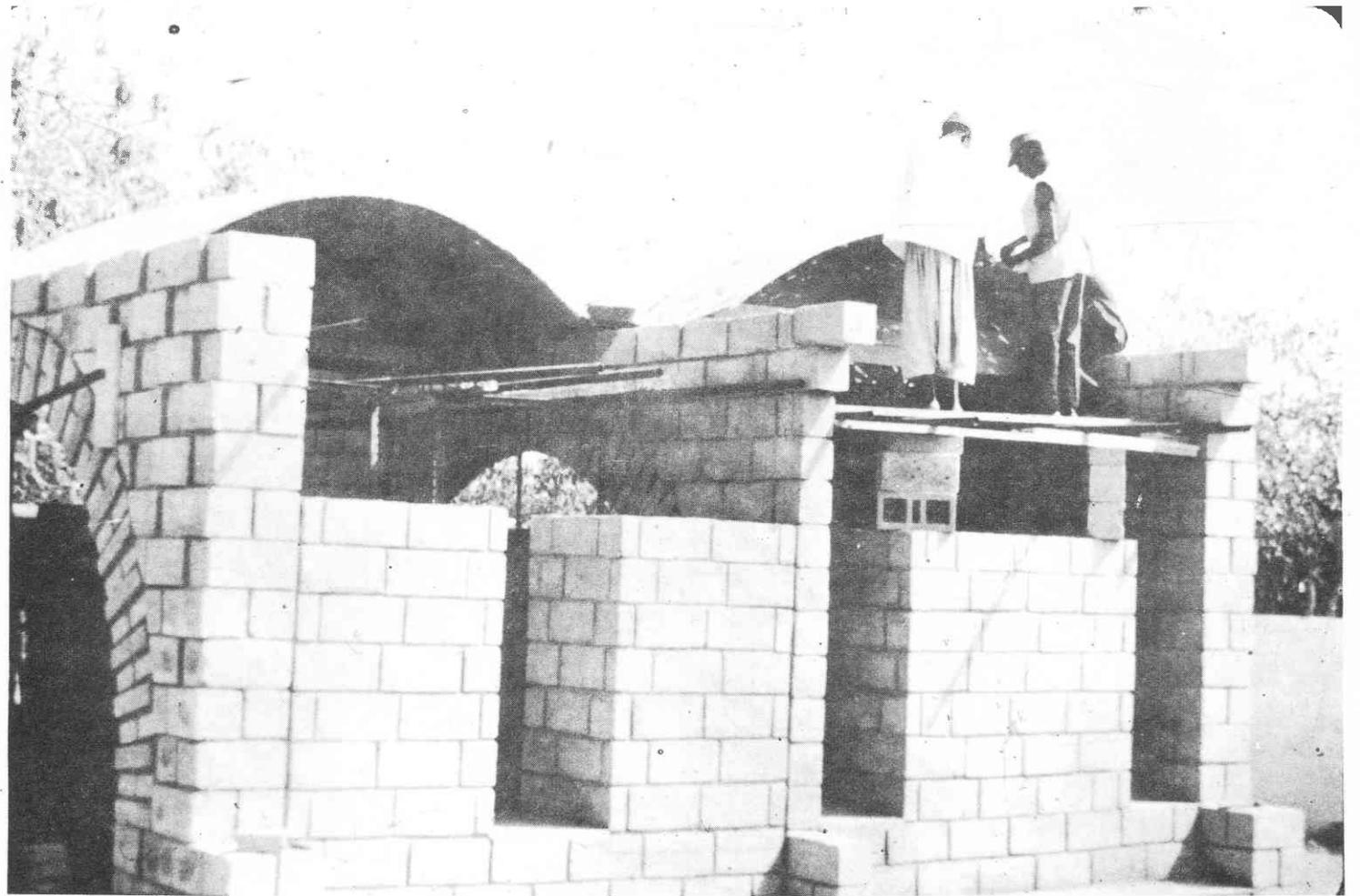


FIGURE .D.

La forme de l'intérieur est
démontée et les matériaux
peuvent être réutilisés.

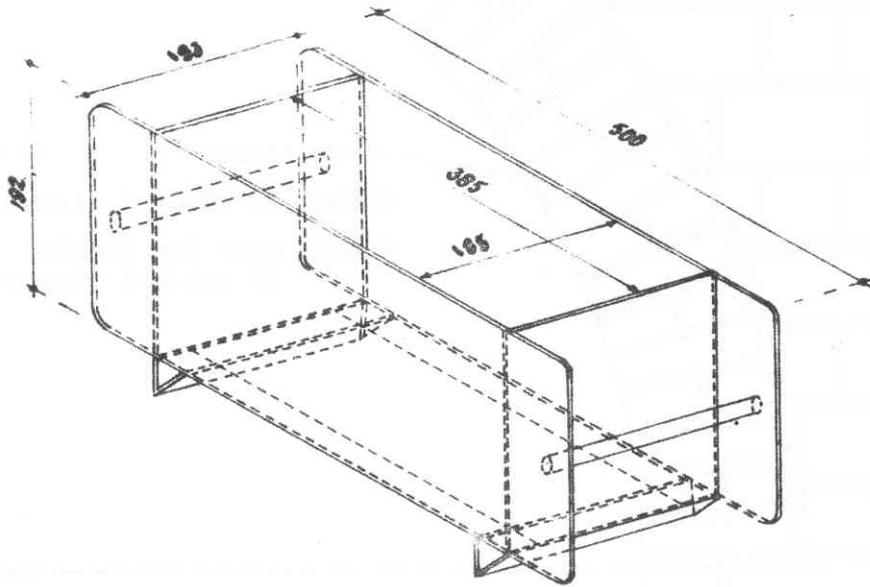
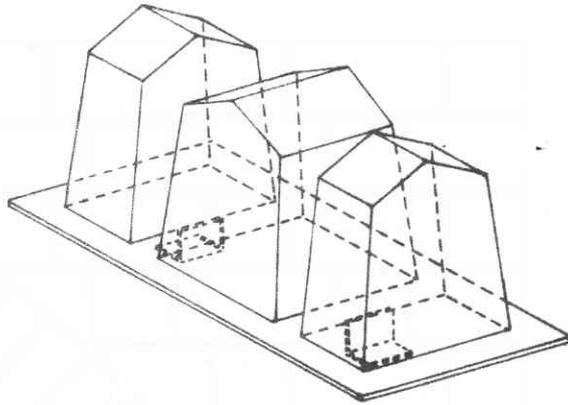
Note : v. aussi "A Manual of Building Construction" 1973,
Intermediate Technology Development Group Ltd.,
International Development Centre, Parnell House
25 Wilton Rd., London SW1V 1JS.



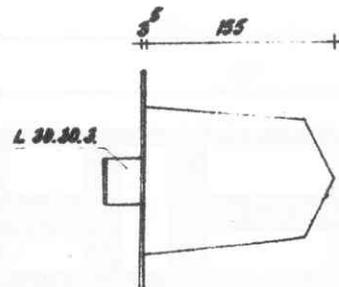
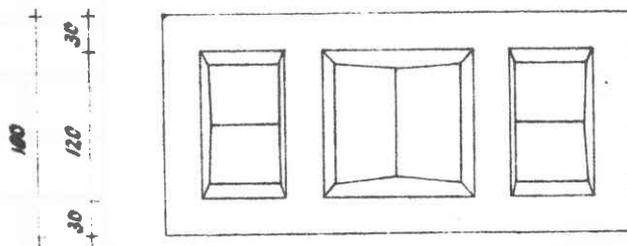
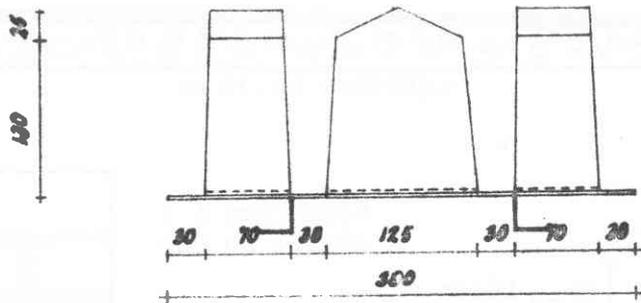
CROQUIS DE MOULE À BLOCS

- Cotes en mm

- Construction en tôles soudées et cornières



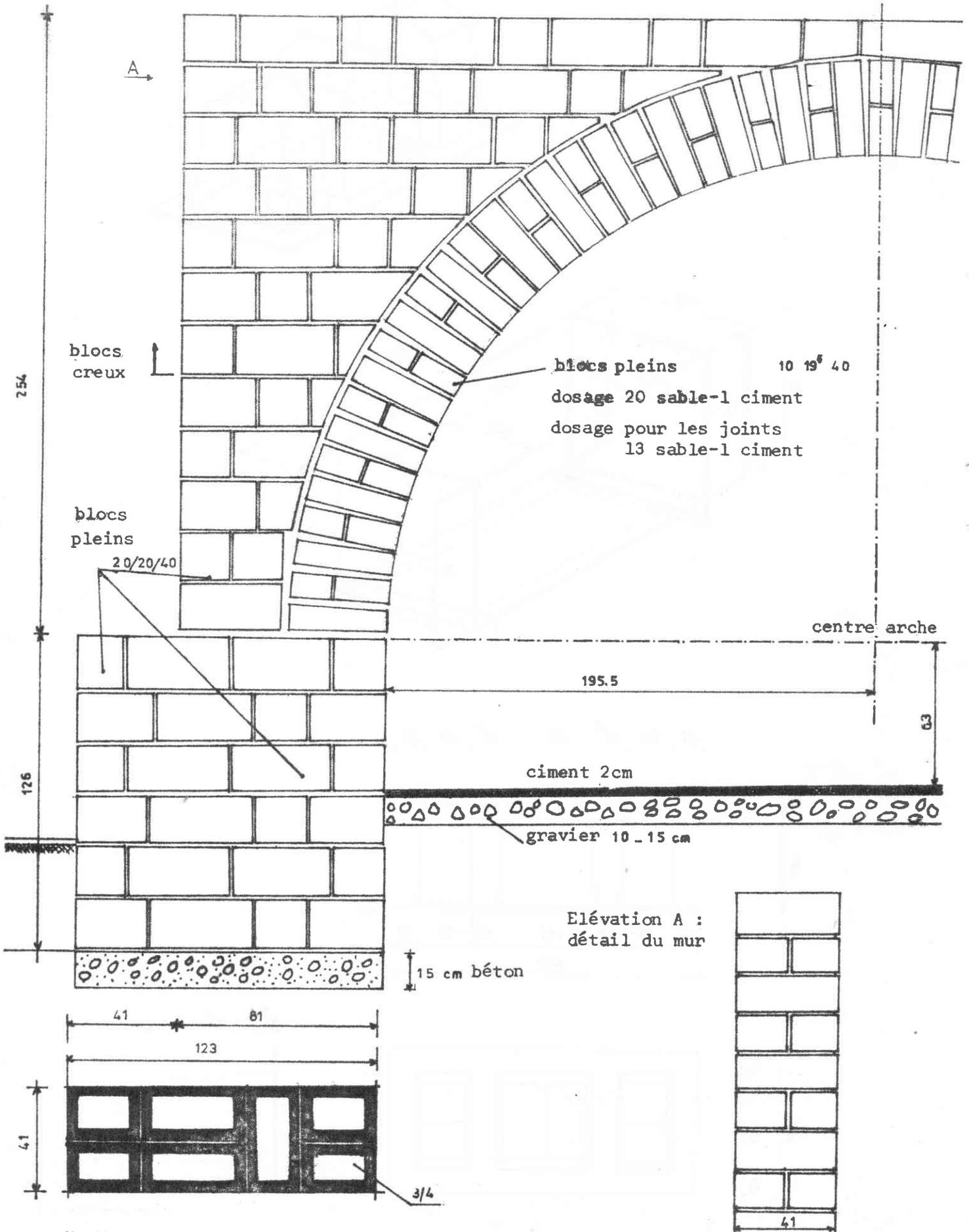
37 60 45[°] 100 45[°] 60 37



(voir pages 43-44)

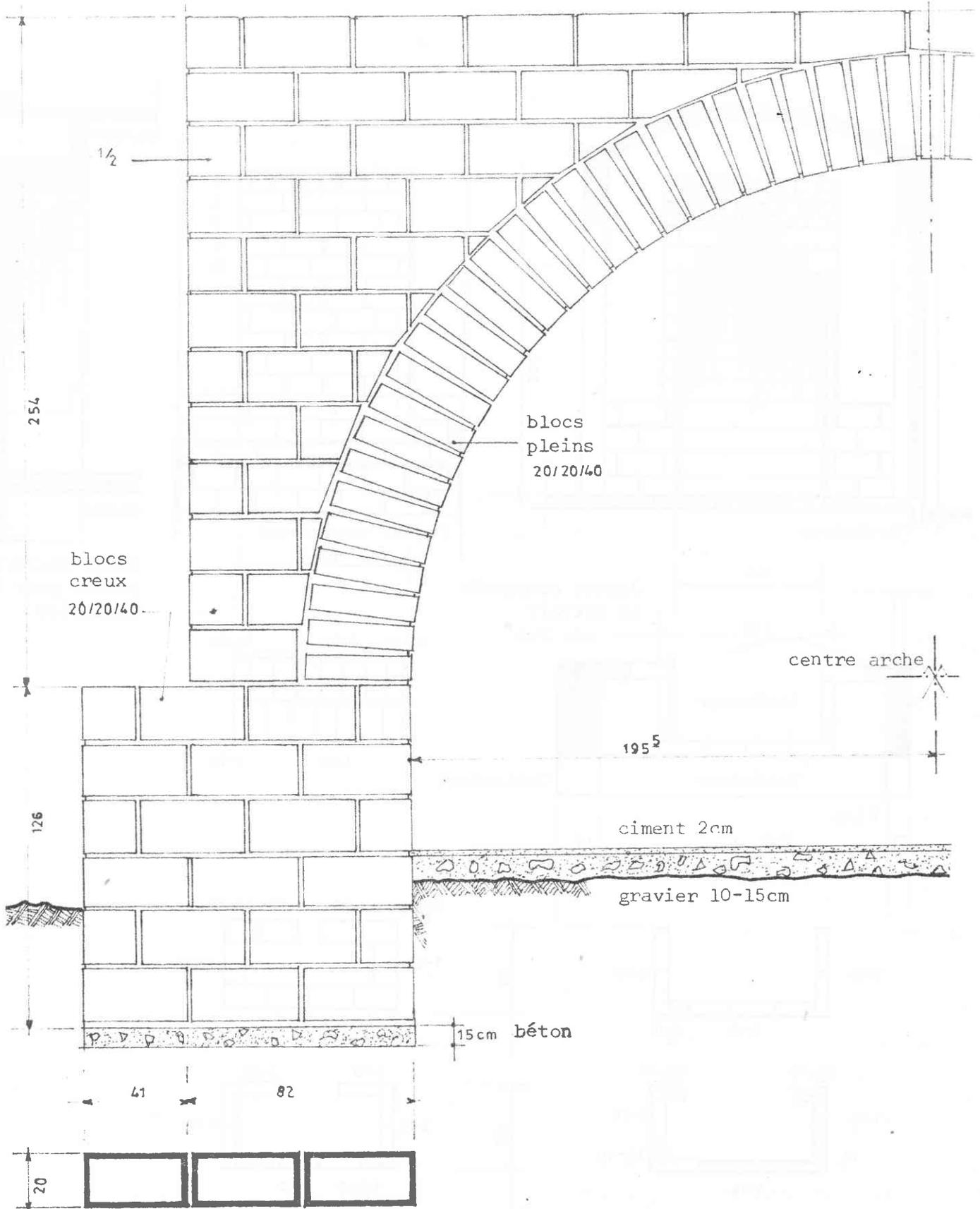
2. DETAILS D'APPAREILLAGE ECH 1:20

2.1 ARCHE 40cm D'EPAISSEUR



V. Note, page suivante

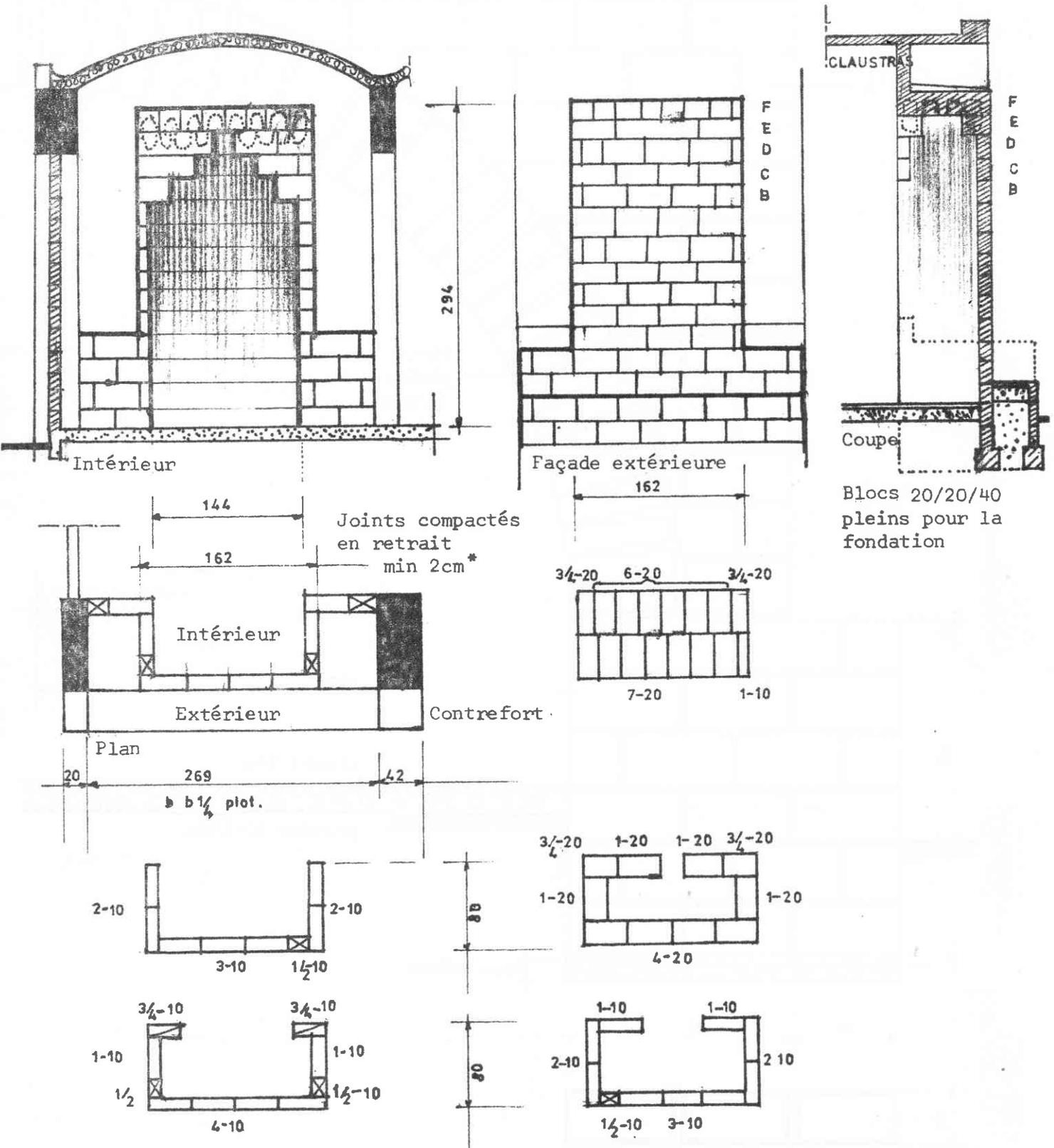
2.2 ARCHE "SIMPLE" DE 20cm D'ÉPAISSEUR 258 HAUTEUR INTERIEURE



Note : Les dimensions réelles des blocs de ciment ont été révisées par la suite pour permettre un appareillage correcte (v. page 41-42)

3. DETAIL D'APPAREILLAGE MUR DE PARACHÈVEMENT ECH 1:20

3.1 DEUX OUVERTURES

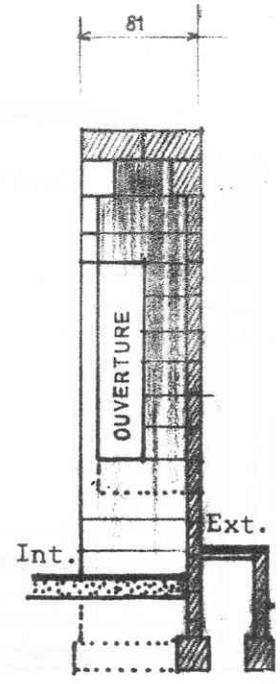
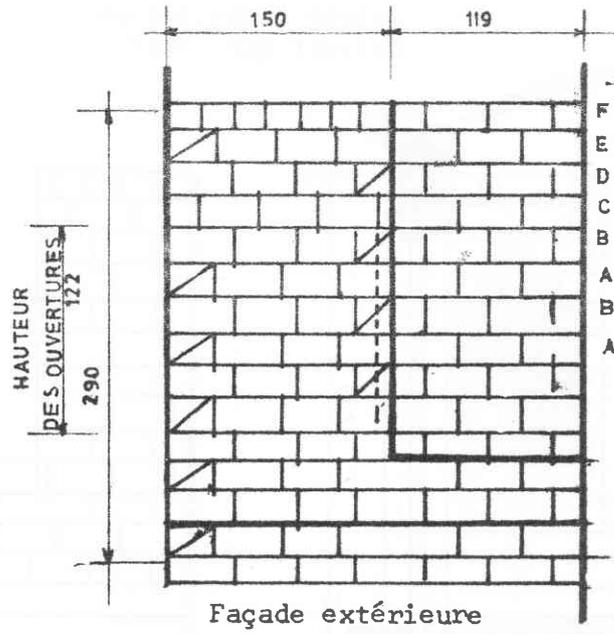
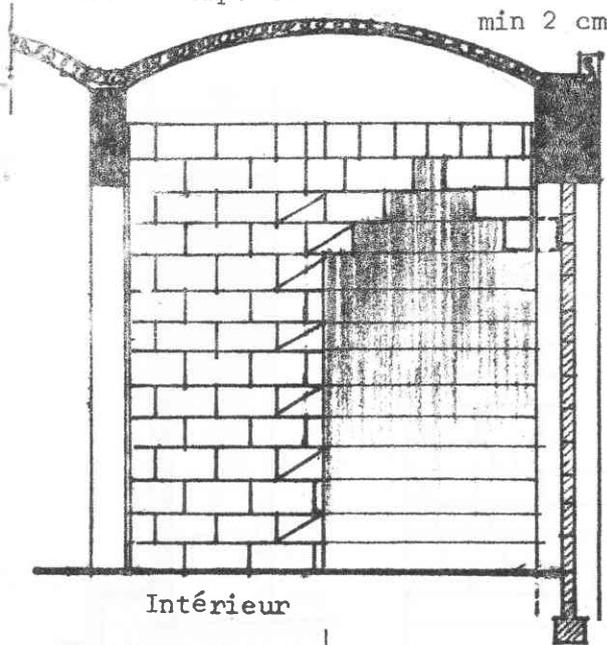


* Joints appareillés préférables mais de réalisation difficile

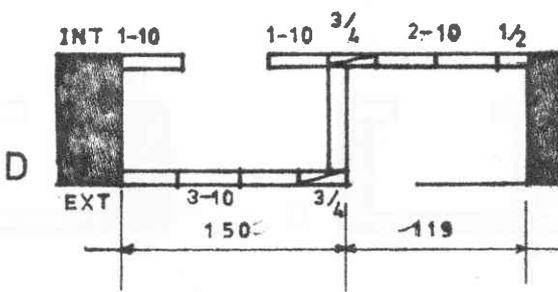
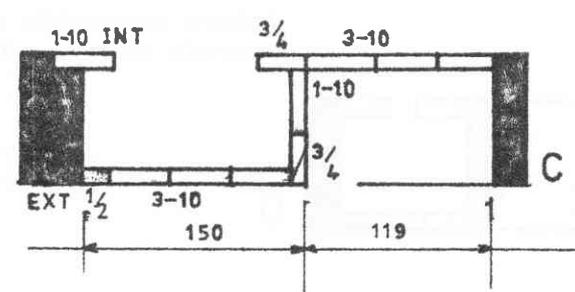
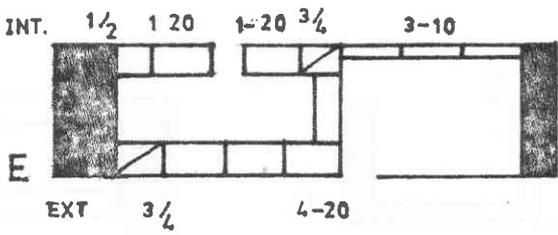
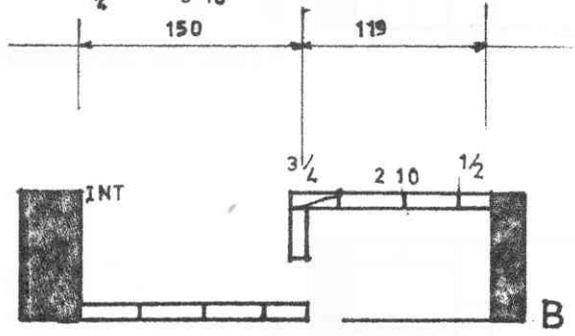
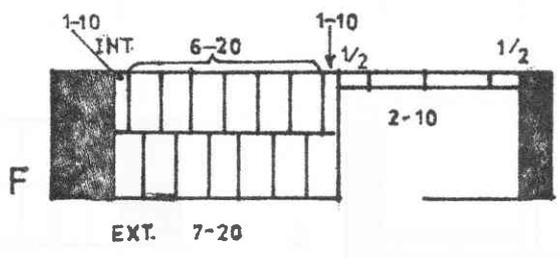
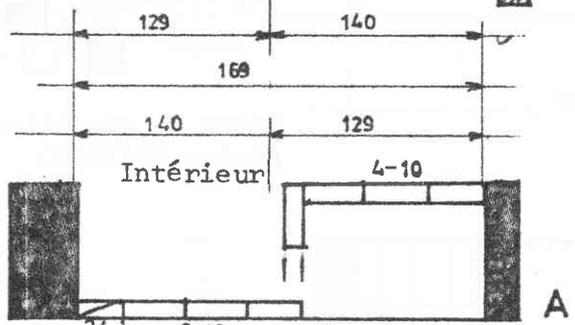
3.2 NICHE

Jointes compactés en retrait

min 2 cm*

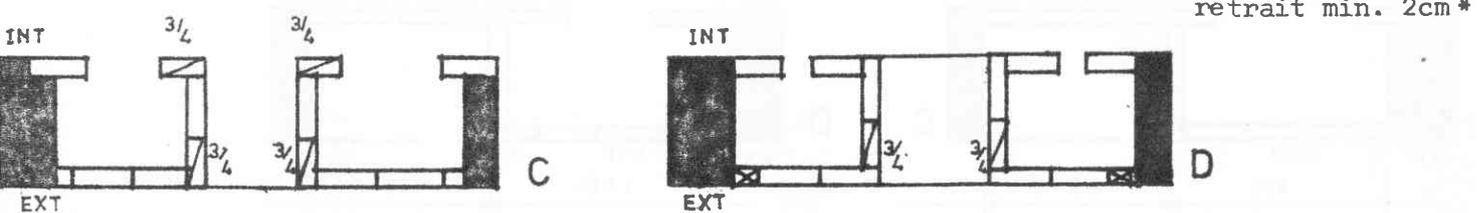
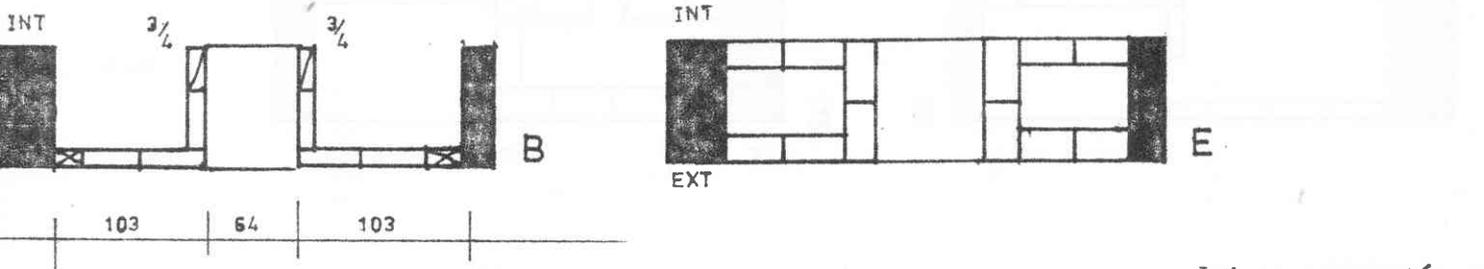
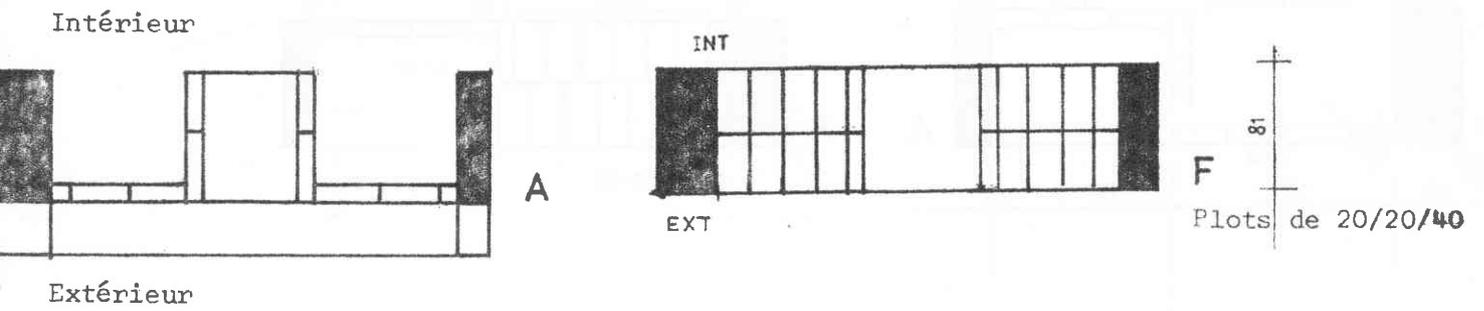
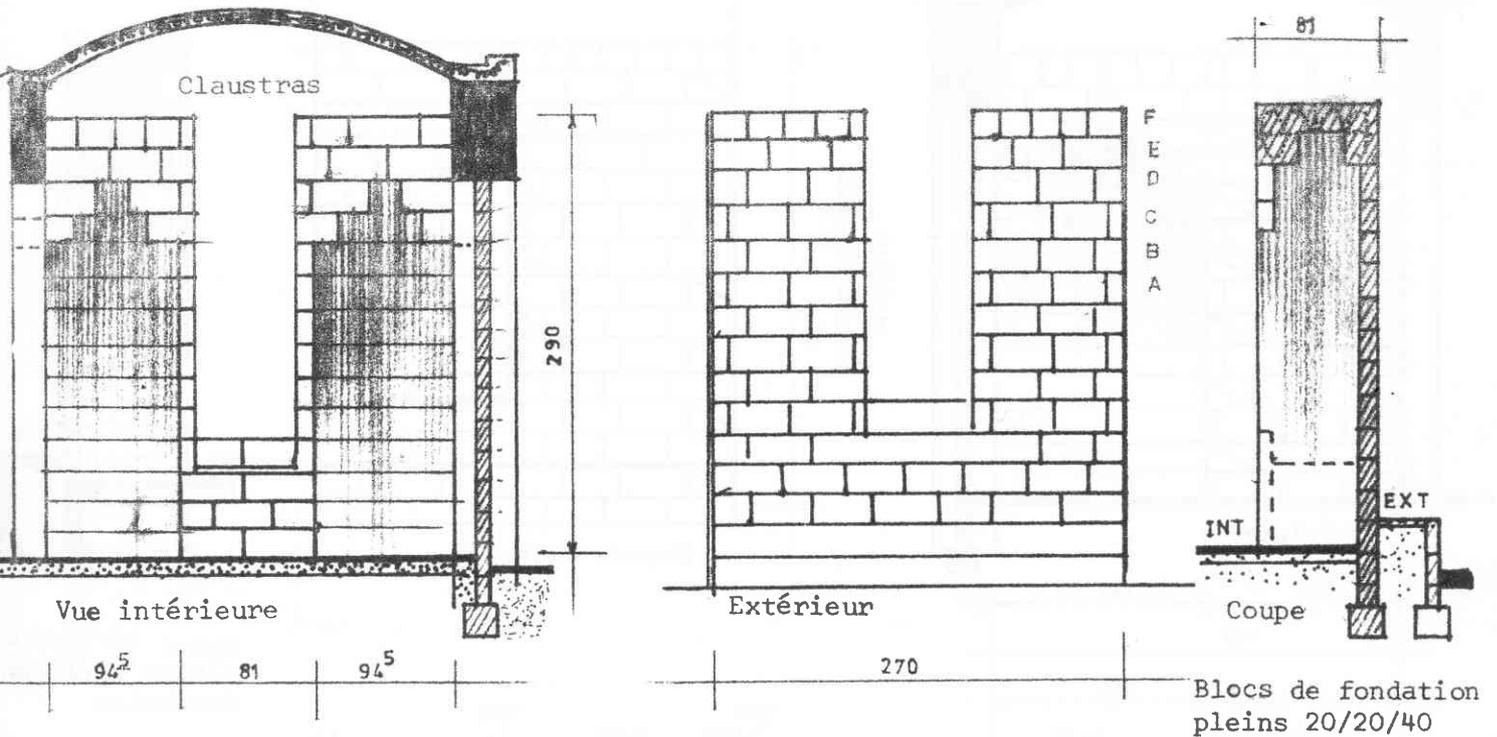


Blocs 40/20/20 pleins pour la fondation



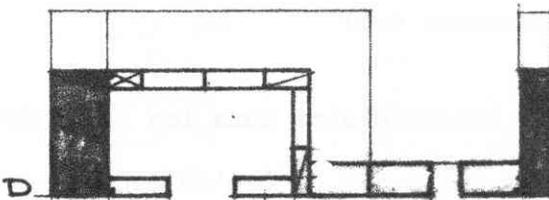
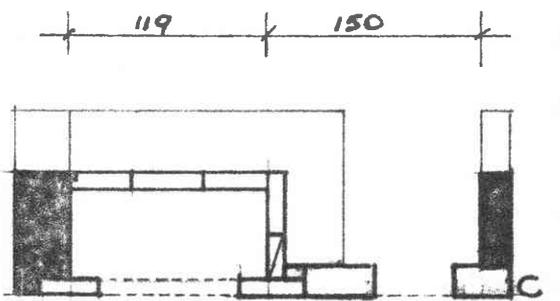
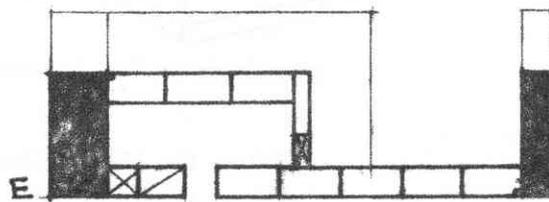
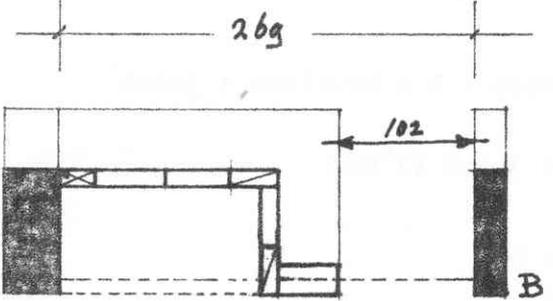
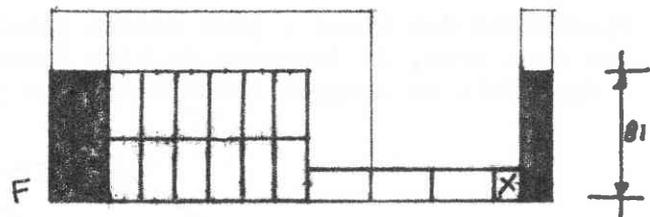
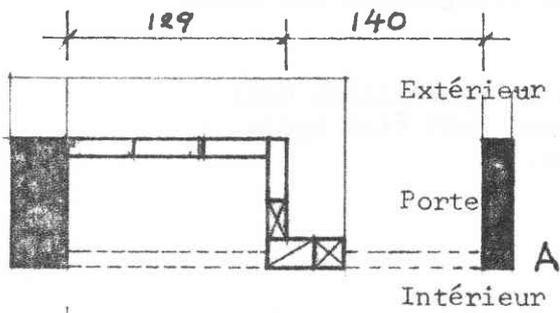
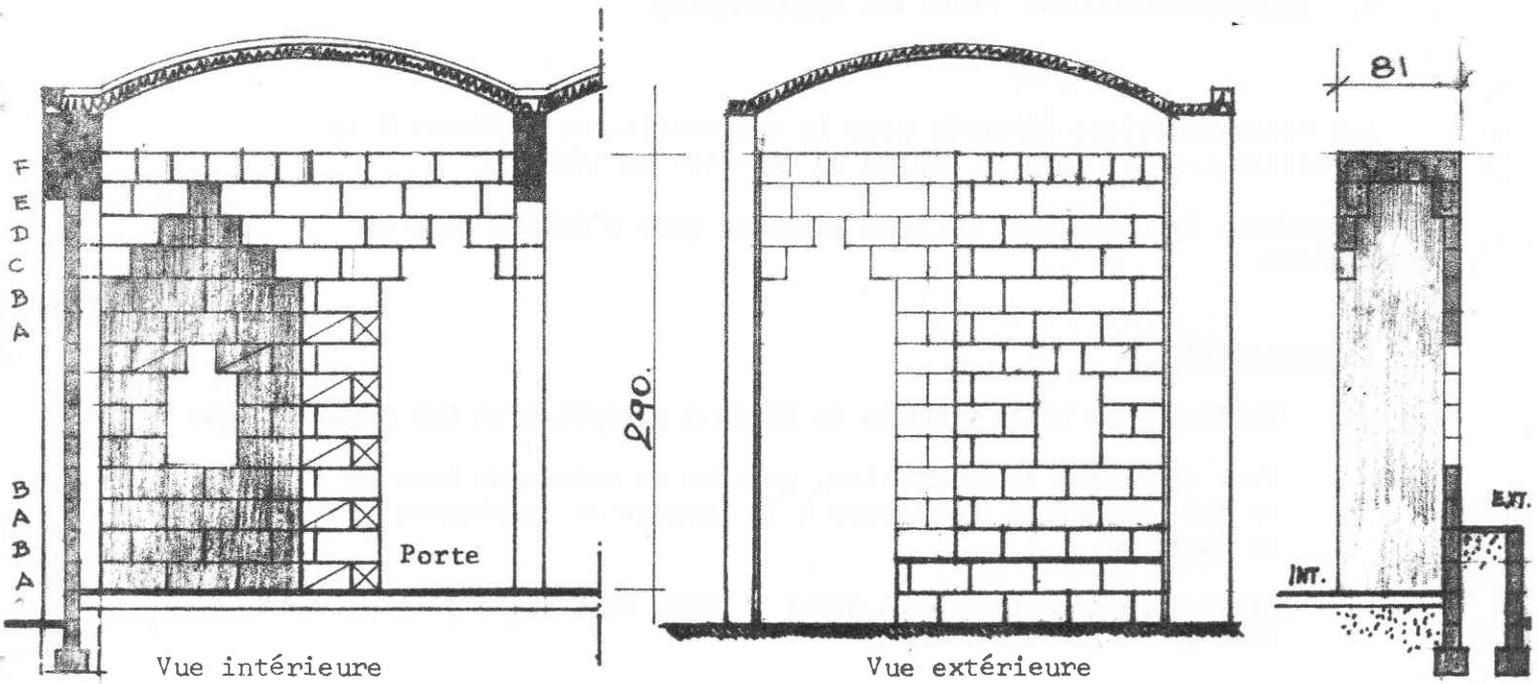
* Joints appareillés préférables mais de réalisation difficile

jointes compactés en
retrait min. 2cm*



Jointes compactés en
retrait min. 2cm*

* Joints appareillés préférables mais de réalisation difficile



4. RECOMMANDATIONS POUR LA MAÇONNERIE

Les recommandations ci-après pour la maçonnerie, se réfèrent à la situation trouvée dans la Région du Cap-Vert au Sénégal.

Cependant, les principes en sont valables pour d'autres pays ou régions.

RECOMMANDATION 1

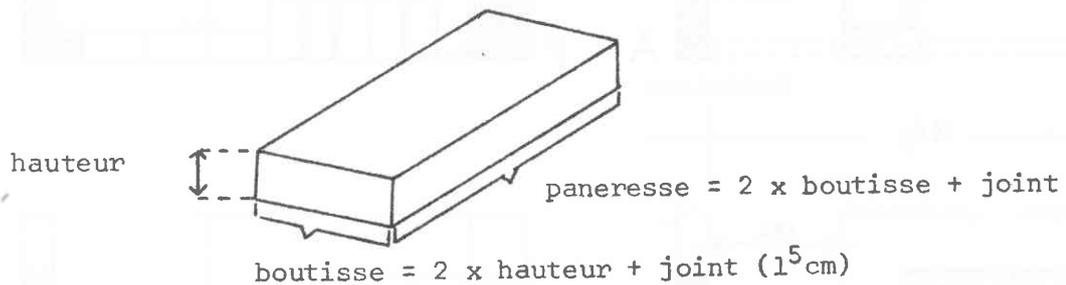
Utiliser des blocs modulés de façon à permettre un bon appareillage.

Pour faciliter la modulation, prendre un module de base de 10 cm, ce qui correspond d'ailleurs à la largeur de la plupart des moules au Cap-Vert.

Dimensions d'un bloc + un joint = 10cm, ou un multiple de 10 cm dans les trois dimensions.

Dimensions des joints = 1,5cm, vu la surface irrégulière des blocs qui sont démoulés dans le sable.

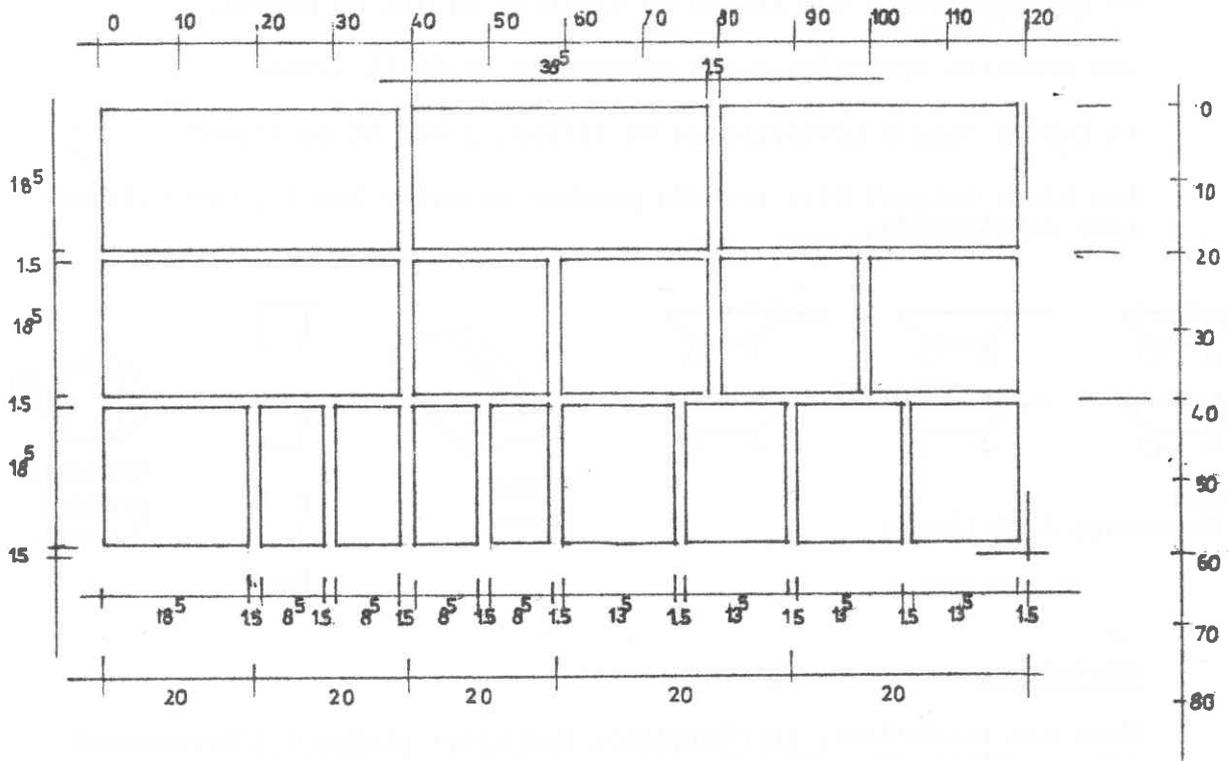
Dimensions des blocs : pour rendre possible l'appareillage dans les deux sens, la longueur du bloc (paneressse) doit être égale à deux fois sa largeur (boutisse) + un joint.



Soit :	"bloc de 10"	"bloc de 20"
hauteurs (cm)	8 ⁵	18 ⁵
boutisses (cm)	18 ⁵	18 ⁵
paneresses (cm)	38 ⁵	38 ⁵

Un bloc intermédiaire aura les dimensions :

13⁵ x 18⁵ x 38⁵ cm (qu'on appelle le "quinze").

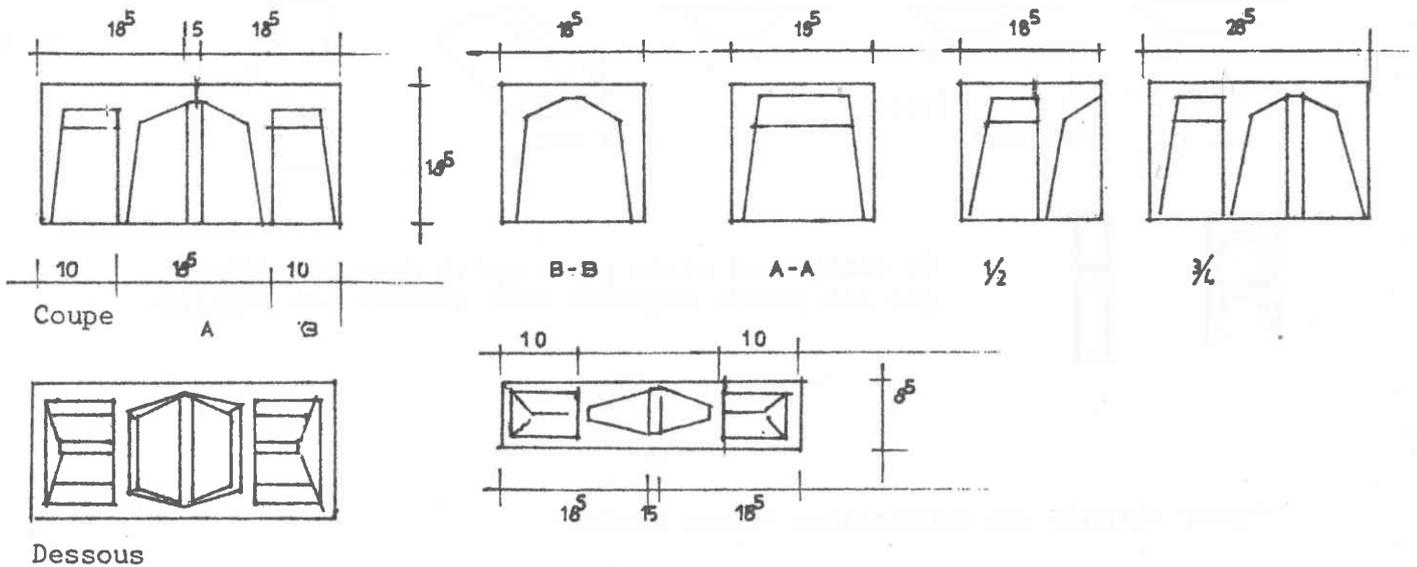


Dimensions extérieures des bâtiments (n x 10) - 1,5cm

Dimensions intérieures des bâtiments (n x 10) + 1,5cm

RECOMMANDATION 2

Pour les blocs creux, les partitions intérieures doivent être placées de telle sorte que le maçon puisse couper facilement le bloc au 3/4 ou à moitié avec sa truelle ou avec une scie à bois.



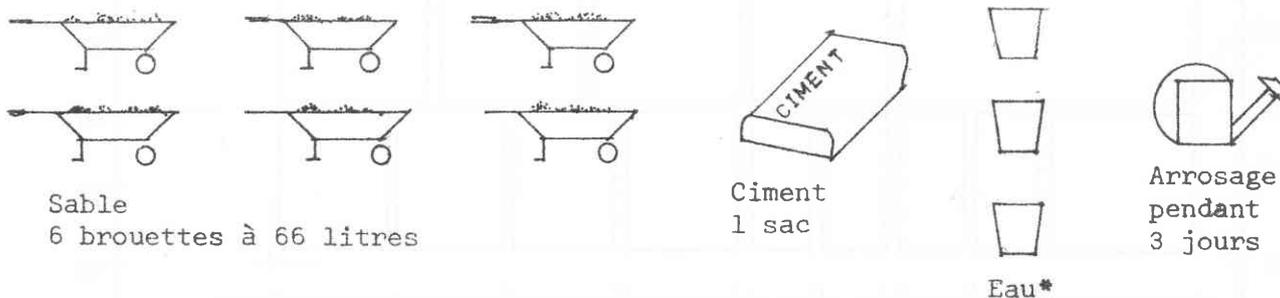
RECOMMANDATION 3 : Dosage

Le dosage minimum est de 8 volumes de sable pour 1 volume de ciment, ce qui équivaut à 400 litres de sable et un sac de ciment.

Une brouette ordinaire a une contenance de 60-65 litres.

Il faudra donc 6 brouettes de 66 litres, 1 sac et de l'eau*

Les blocs doivent être arrosés pendant au moins les 3 jours suivant leur fabrication.



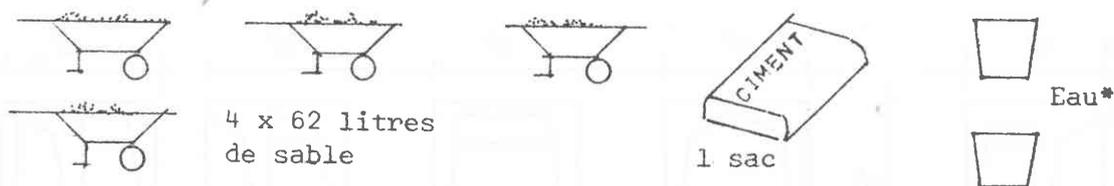
Résistance

Dans ces conditions, la résistance des blocs pleins à l'écrasement est d'environ 15kg/cm² (cf. dossier L.B.T.P. 75/1583-1).

Cette résistance à l'écrasement des agglos sera suffisante pour des constructions qui demandent un maximum de 3kg/cm² ($\gamma = 5$).

RECOMMANDATION 4 : Dosage mortier

Le dosage sable-ciment pour le mortier sera 5:1, ce qui équivaut à 250 litres de sable + un sac de ciment; soit 4 brouettes de 62 litres et un sac de ciment.



Ce dosage est riche parce qu'il faut considérer que les joints maçonneries sont souvent mal remplis.

* pour obtenir une consistance "terre humide"

RECOMMANDATION 5 : Eviter l'enduit

Il est plus économique de faire un travail de maçonnerie apparente, l'enduit coûtant environ 100 frs CFA/m² (1 cm).

Une bonne qualité des éléments de maçonnerie, ainsi qu'une mise en oeuvre soignée, évitera le coût de l'enduit.

(Rapport RUL 12 - I.F.A.N. Dakar - Habitat du Grand Nombre 1974)

Un travail plus soigné demandera davantage de temps au maçon, ce qui impliquera une certaine diminution du rendement en m² de production.

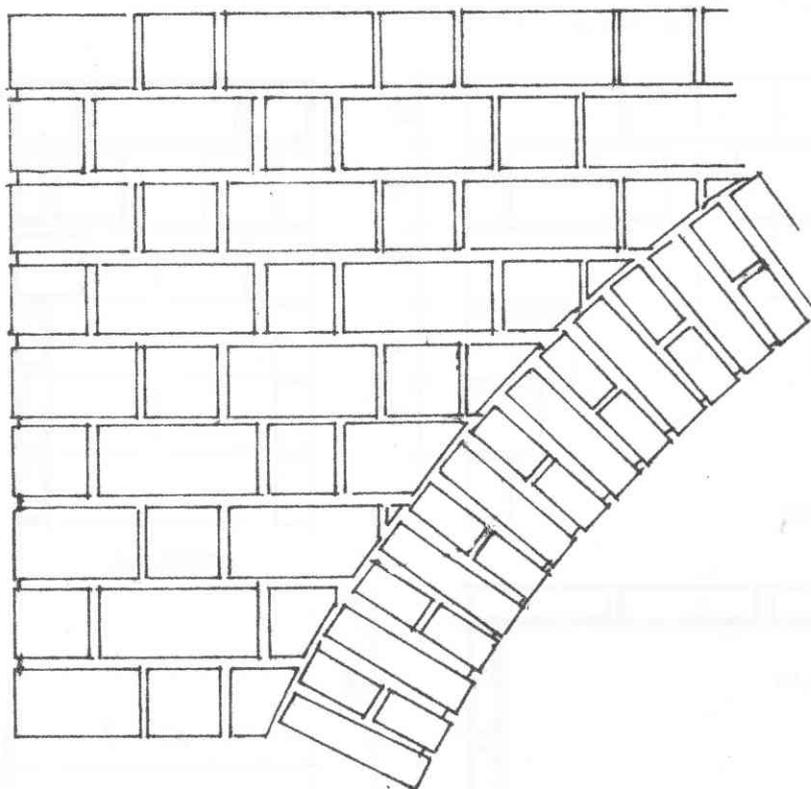
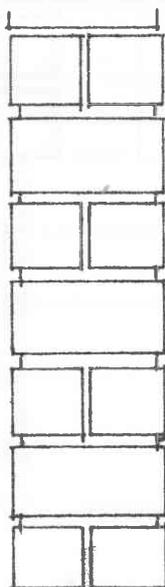
Cependant, l'économie réalisée sur des bâtiments simples reste de l'ordre de 3-4% du coût total du bâtiment (1).

RECOMMANDATION 6 : Appareillage

Les blocs modulés doivent être appareillés sans joints verticaux superposés.

L'appareillage aux points de jonction des murs est nécessaire afin d'obtenir une homogénéité dans la structure.

Arche et mur de
38⁵ cm



(1) Sous réserve des problèmes particuliers d'érosion (v. article p.p. 47-61 de la revue "Planification, Habitat, Information" n° 76 - SMUH, Paris février 1974).

RECOMMANDATION 7 : Eviter le béton armé

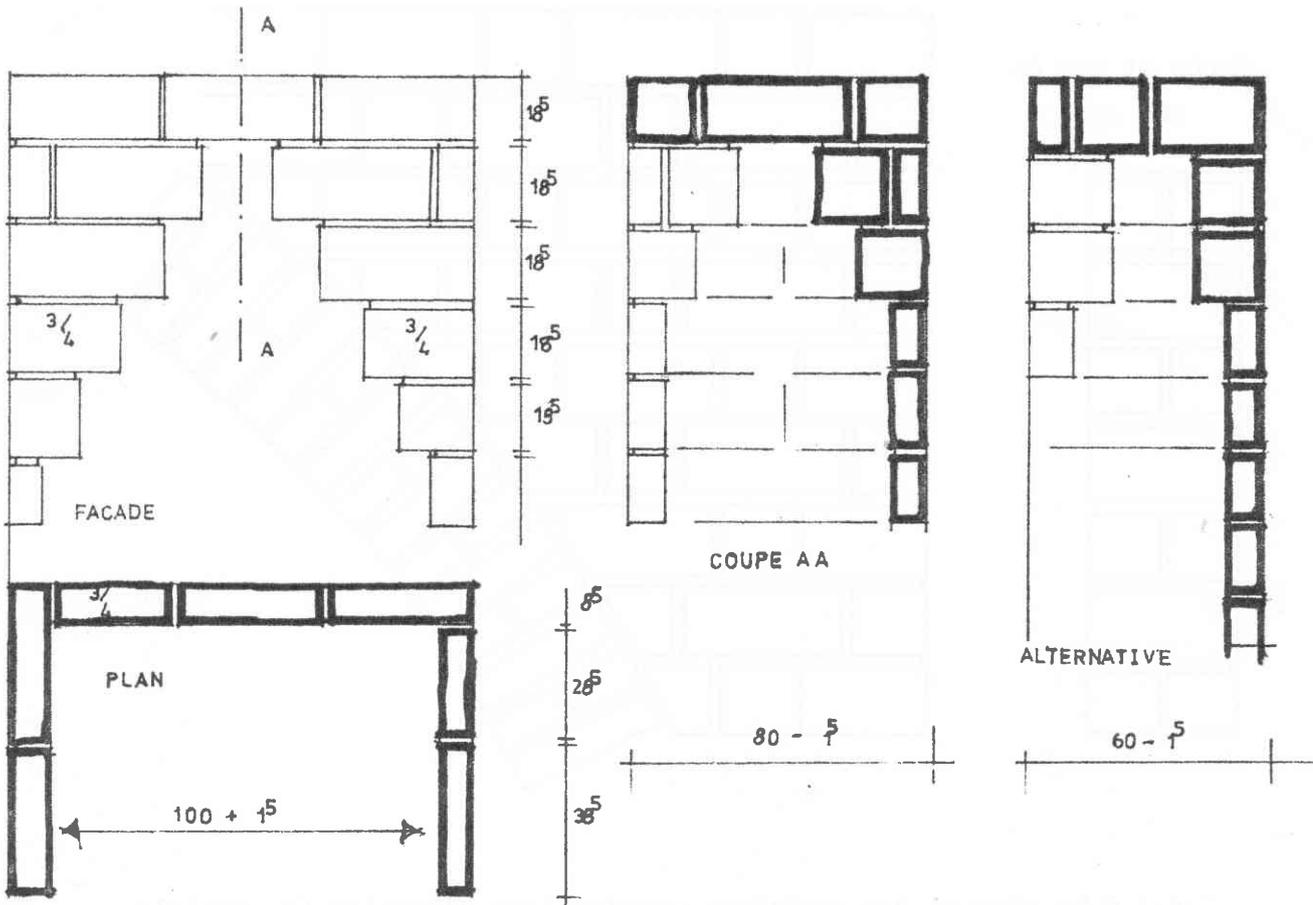
Les raisons en sont les suivantes :

- a) Le fer est importé, donc cher;
- b) Le béton nécessite un volume important de ciment dans le dosage;
- c) Le coffrage doit se faire en bois, et le bois est rare;
- d) Les agrégats sont souvent difficiles à obtenir;
- e) Les chaînages ne représentent pas un grand avantage technique;

Pour un même volume, le prix du béton armé est trois fois plus élevé que celui de la maçonnerie.

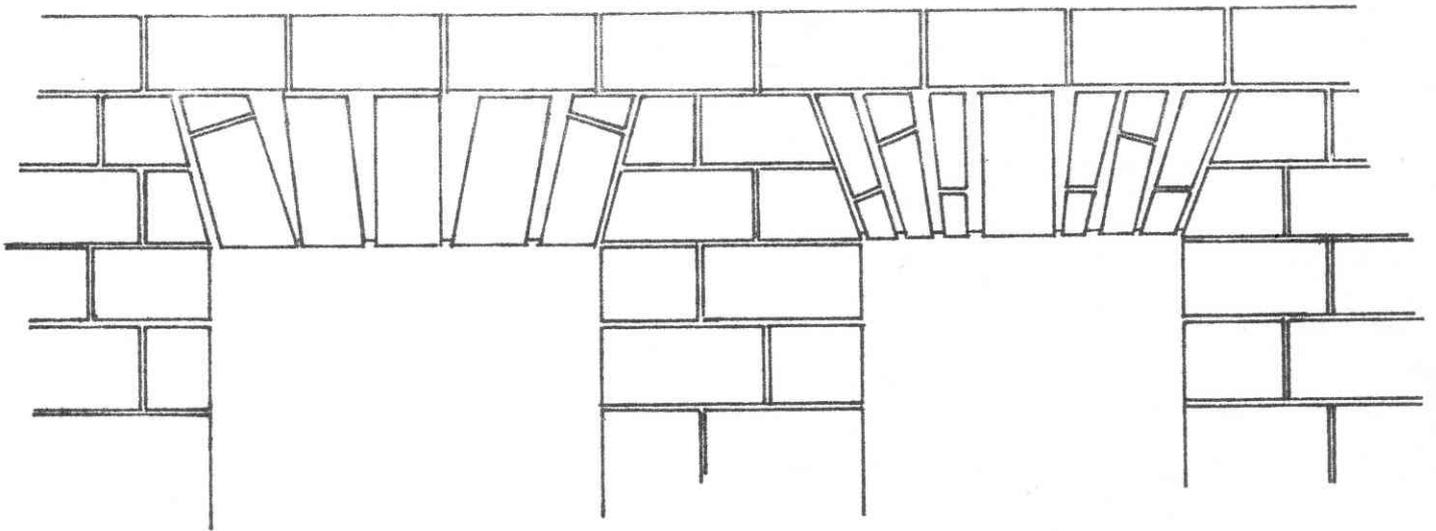
De plus, le risque de fissuration entre le béton armé et la maçonnerie adjacente est élevé en raison de la différence du coefficient de dilatation des matériaux.

Les petites ouvertures sont donc franchies par des arches en "tas de charge" et les petites surfaces horizontales par des voûtes en "tas de charge".



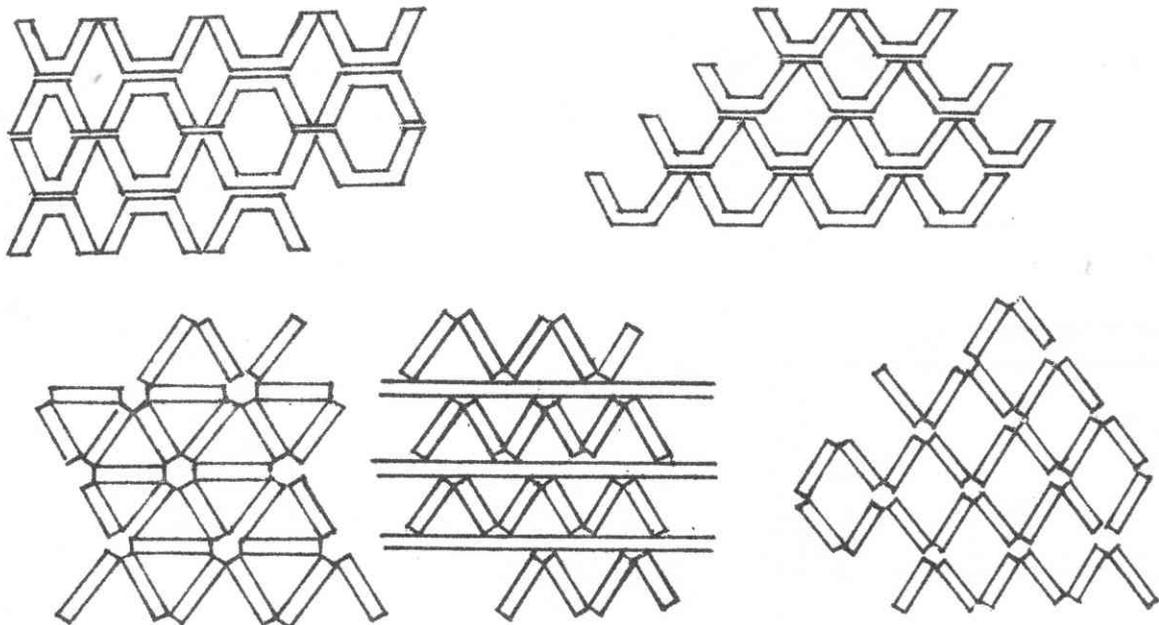
Avec le système des arches et des voûtes en tas de charge, les blocs sont en encorbellement pour $1/3$ ou $1/4$ de leur longueur.

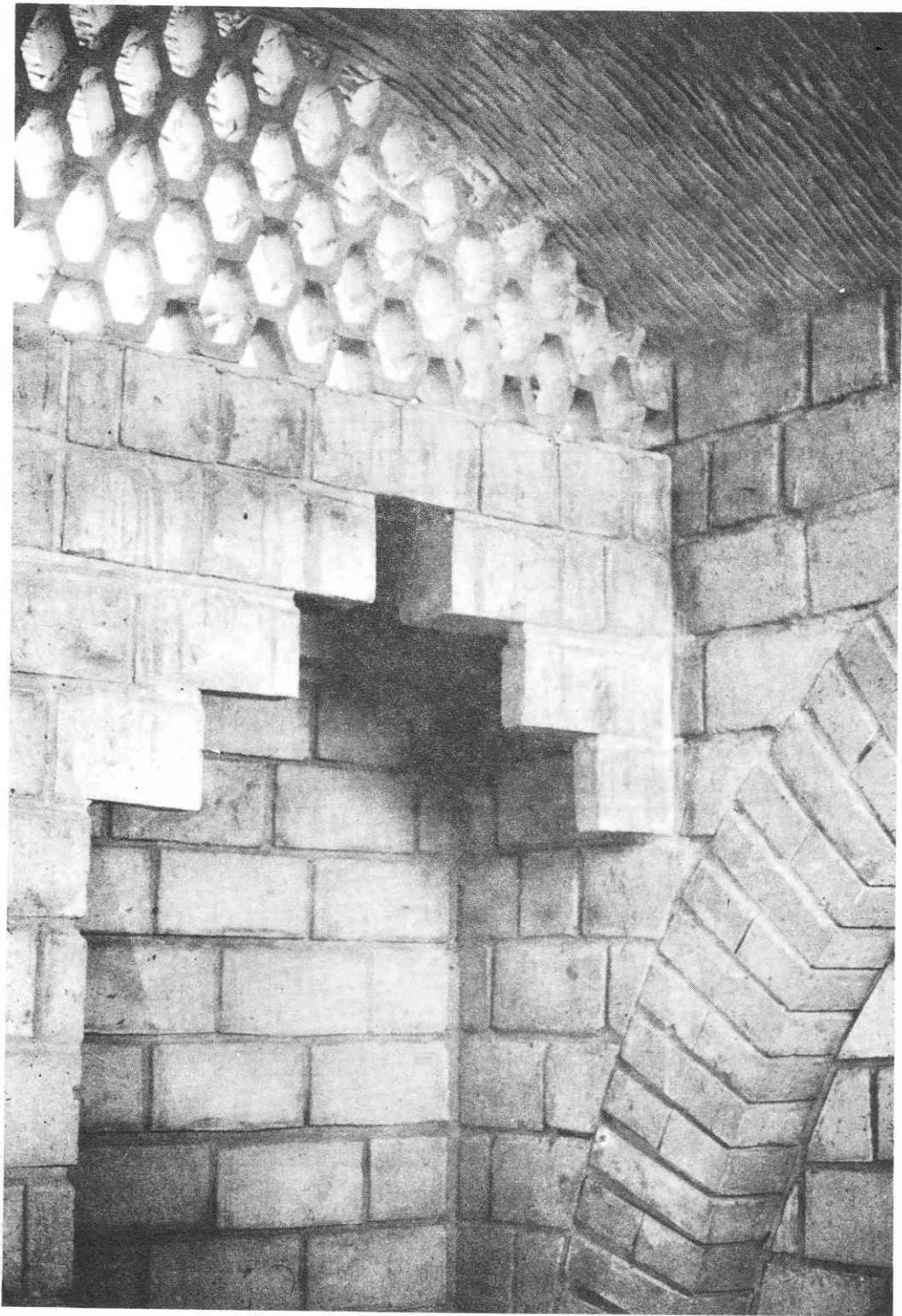
Les linteaux pour les petites ouvertures pourraient être faits également par des arches sur-baissés, en prenant des précautions quant à la qualité des blocs et à leur mise en oeuvre.



RECOMMANDATION 8

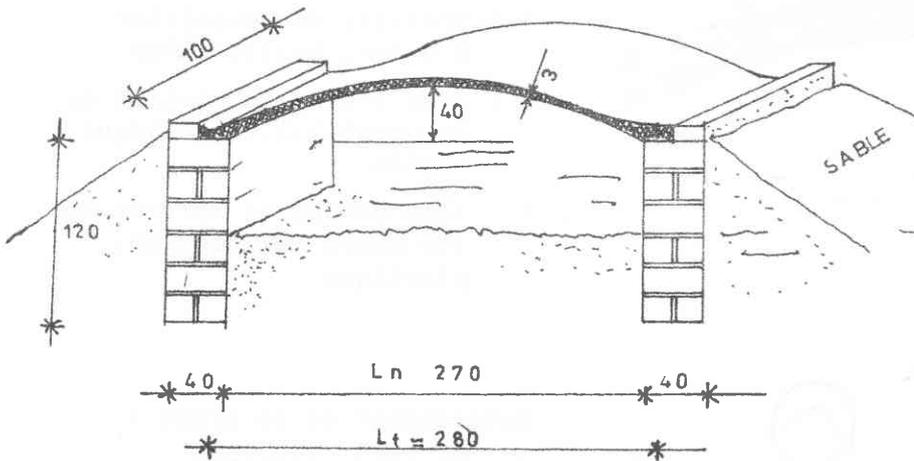
Un jeu de petits éléments préfabriqués ou des briques seront placés sur les ouvertures pour la ventilation et la lumière. On peut aussi mettre des fenêtres.





1. ESSAI DE TOITURE EN FERRO-CIMENT

1.1 SCHEMA DE LA CONSTRUCTION



Hauteur de la voûte :

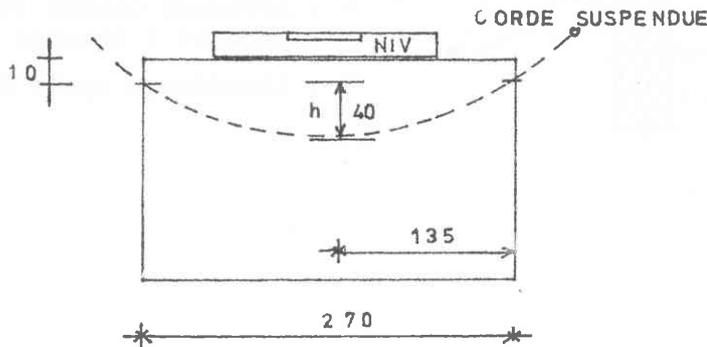
$$h = \frac{1}{7} l_t = \frac{280}{7} = 40\text{cm}$$

Largeur de la voûte = 100cm

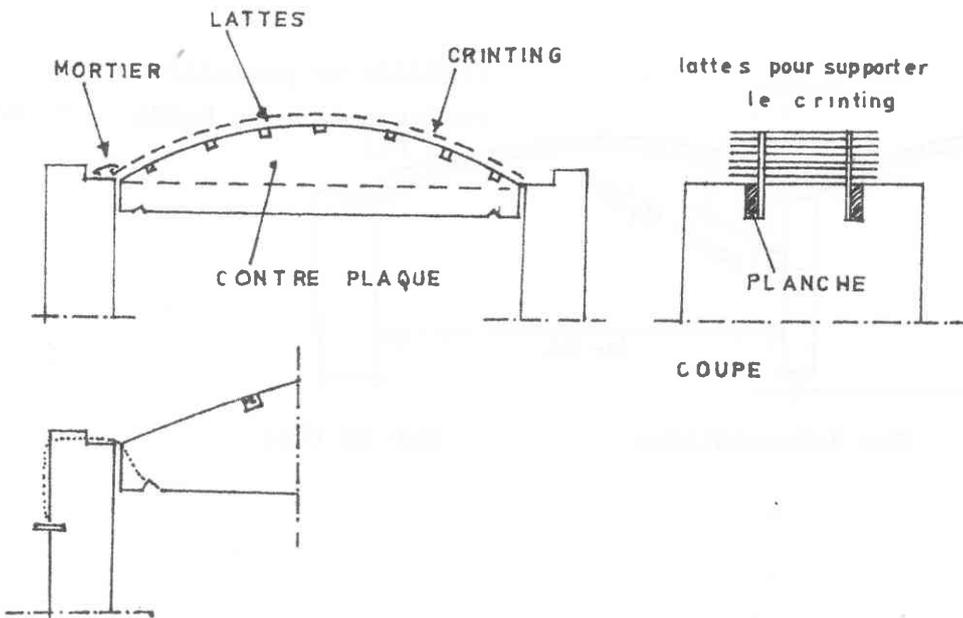
Forme : chaînette

Murs de support renforcés avec du sable

1.2 EXECUTION DE LA CONSTRUCTION

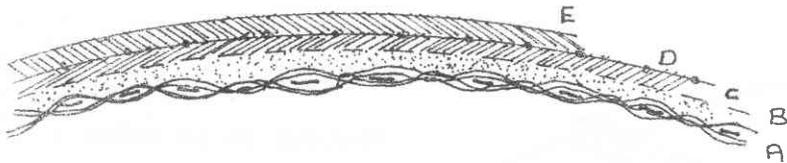


La forme en chaînette donne une ligne déterminée par la gravitation. Utilisée en sens inverse, elle offre la plus grande résistance à une charge uniformément répartie sans moments + ou -.

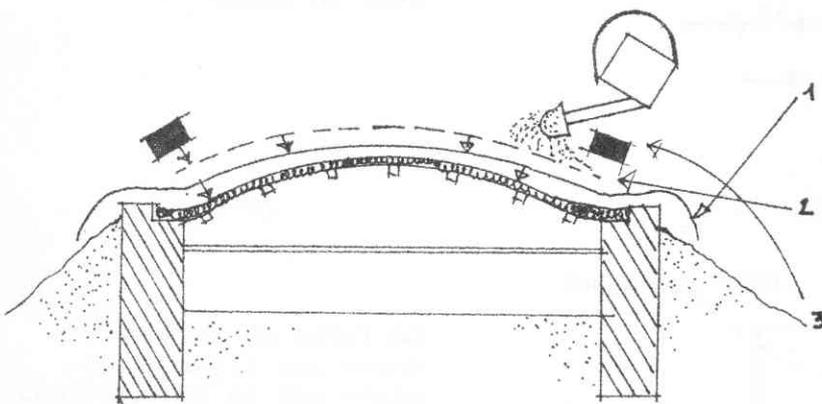


Le "crinting" (natte locale de bambous fendus et tressés) recouvre les murs de chaque côté sur 1cm et est fixé au mortier.

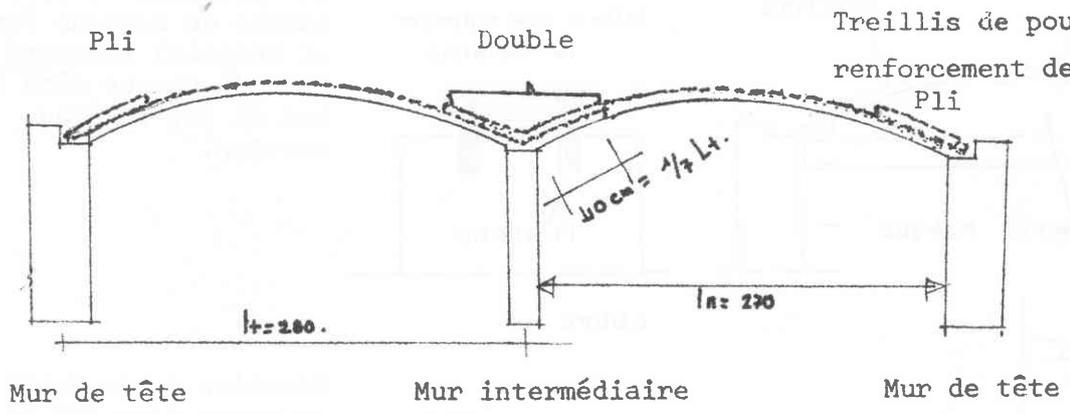
Fixation de la forme au moyen d'un fil de fer et d'un grand clou



- A : Crinting
- B : Mortier de 0,5-1cm dosé 1:1,5 non plastique pour boucher les trous du crinting
- C : Treillis de poulailler Ø 0.7mm, maille 1,7cm
- D : 2ème couche de mortier de 1cm dosé 1:1,5 plastique - humide
- E : 3ème couche de mortier de 1cm min., même dosage, plastique

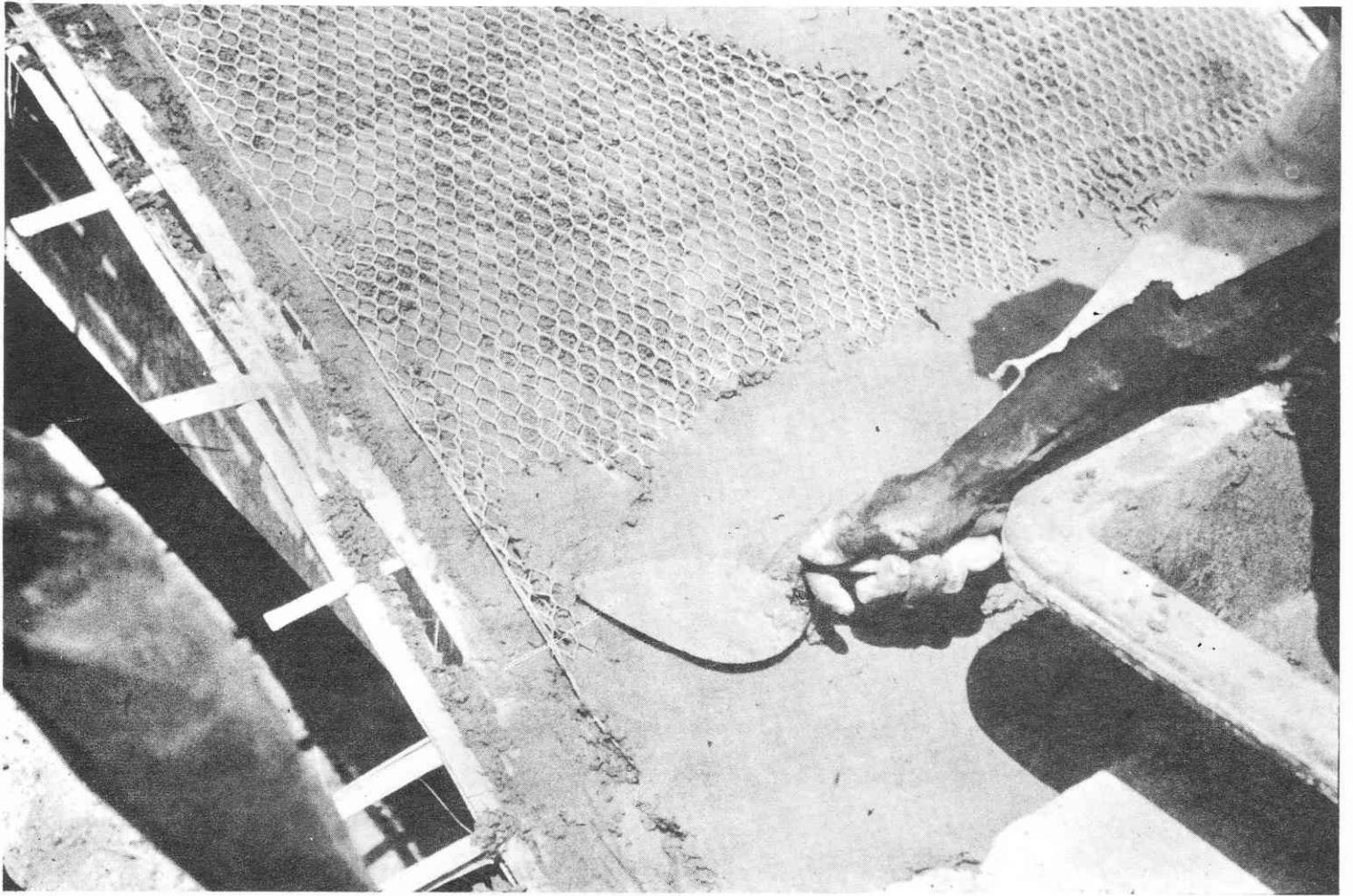


- Retardement de la prise :
- 1 : Feuille plastique temporaire
 - 2 : Crinting de protection
 - 3 : Blocs de calage
 - 4 : Arrosage chaque jour pendant 1 semaine
 - 5 : Décoffrage après 24 heures



Note : Température des matériaux et de l'environnement, environ 25°C

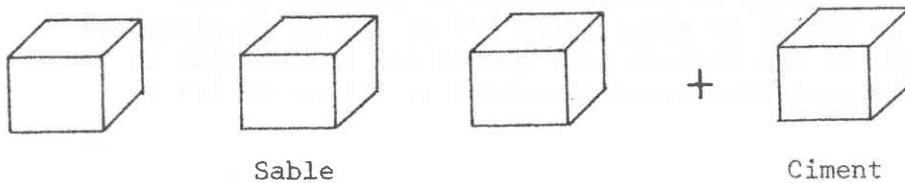




2. ANALYSE D'ESSAI - CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

- 1) La forme de la voûte donne une très grande résistance à la toiture, trop grande par rapport aux besoins.

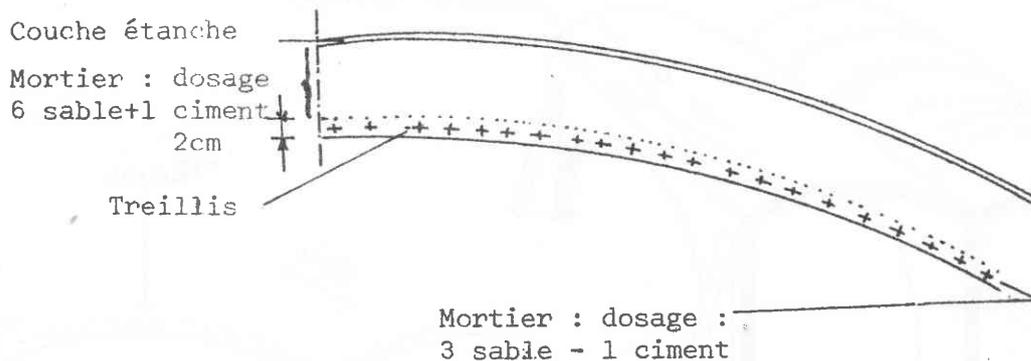
Aussi, pourrait-on diminuer le dosage de ciment de l'ordre de 3 volumes de sable + 1 volume de ciment au lieu de 1,5 volumes de sable + 1 volume de ciment.



- 2) Le moment positif, résistance à la flexion, est très faible.

Pour améliorer cette résistance, on peut augmenter l'épaisseur de la voûte jusqu'à un maximum de 10cm.

On peut alors diminuer le dosage de ciment à l'exception des premiers 2cm d'épaisseur qui contiennent le treillis.



Dans ce cas, on prendra soin de couvrir le dessus de la voûte avec une couche étanche pour éviter l'absorption d'eau dans la masse poreuse.

Une plus grande épaisseur permet :

- a. de diminuer le risque de flambage
- b. d'augmenter l'inertie thermique

- 3) C'est la stabilité des arches qui est le facteur limitant de ce système constructif.

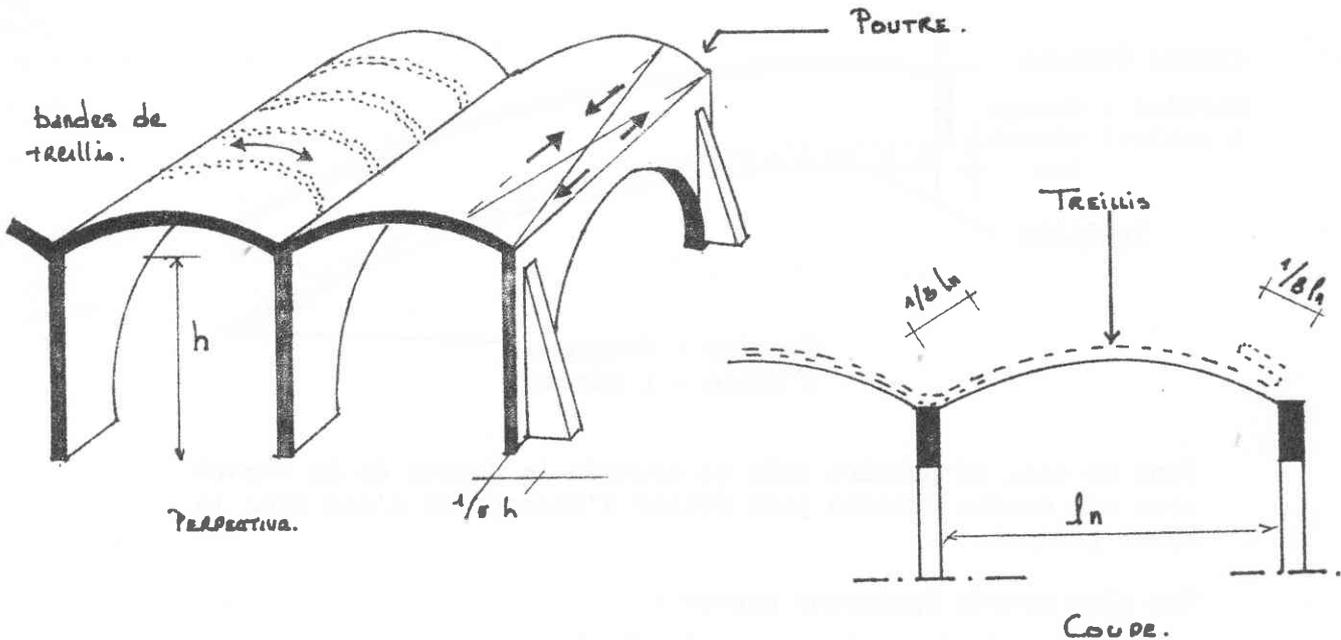
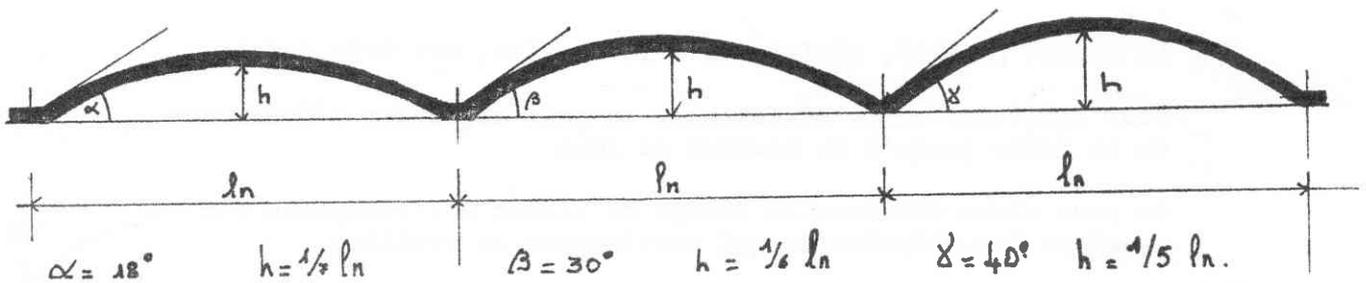
L'arche extérieure de la dernière travée doit être soutenue par des contreforts.

4) La base de la voûte joue le rôle d'une poutre, évitant une sollicitation trop grande de l'arche dans le plan horizontal.

Dans les calculs faits à ce propos, on peut remarquer que pour avoir une section suffisante de treillis, il faut, à la base de la voûte, le replier plusieurs fois sur lui-même, soit

arc de 4m	: 2 fois	pour un treillis de poulailler ayant 0,4cm ² /m' de section
arc de 5m	: 3 fois	
arc de 6m	: 4 fois	

Pour permettre à la voûte de jouer le rôle de poutre, il est recommandé que la flèche se situe entre 1/7 et 1/5 de la distance entre les appuis. Si une hauteur plus grande est tolérée par le projet, la flèche peut même avantageusement se situer de 1/4 à 1/3 de l_n .



Au droit des arches intermédiaires, simple recouvrement de 1/8 l_n .

Pour le recouvrement des bandes de treillis il faut 10cm.

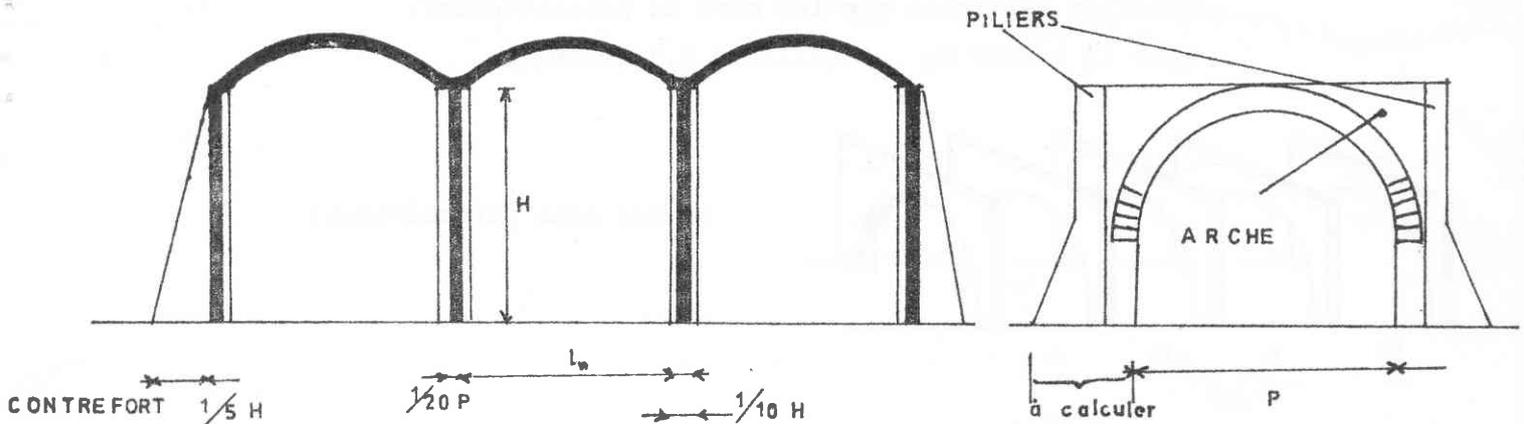
- 5) Le décoffrage de la voûte sera effectué après un minimum de 2 jours (dosage 3:1 et 25°C)

Toutefois, décoffrée après 2 jours, la voûte est encore trop faible pour résister à un moment.

Toutes les formes horizontales devront donc être prises en charge par les arches, d'où la nécessité d'étayer les arches pendant la construction des voûtes.

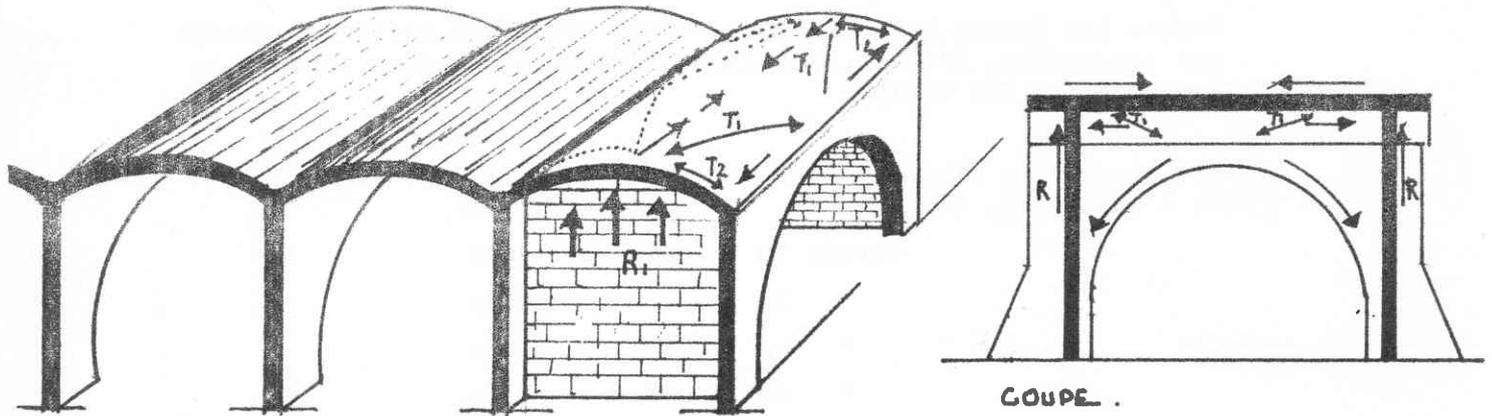
- 6) L'épaisseur de l'arche doit être au minimum $1/20$ de la longueur de l'ouverture, soit :

Portée 2m	épaisseur	10cm
" 3m	"	15cm
" 4m	"	20cm
" 6m	"	30cm
" 8m	"	40cm



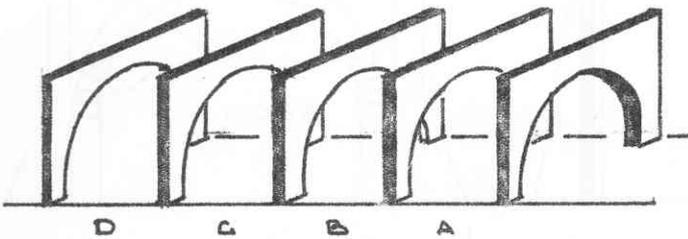
- 7) Pour la stabilité individuelle des arches intermédiaires la largeur des piliers aux extrémités doit être au minimum $1/10$ de la hauteur totale.
- 8) Pour l'arche extérieure des travées extrêmes les piliers seront prolongés vers l'extérieur par des contreforts d'au minimum $1/5$ de la hauteur totale.
- 9) Les contreforts dans le plan vertical de l'arche seront calculés en fonction de la forme de l'arche et de la charge admissible sur le sol. Au cas où celle-ci serait inférieure à 1 kg/cm^2 , des précautions particulières devraient être prises, en adaptant la surface d'assise par exemple.

- 10) Les contreforts à l'extérieur des dernières travées pourront être évités si la voûte est supportée entre les arches par les murs de parachèvement pleins, qui devraient par ailleurs être liés au mur de l'arche par un appareillage d'angle.

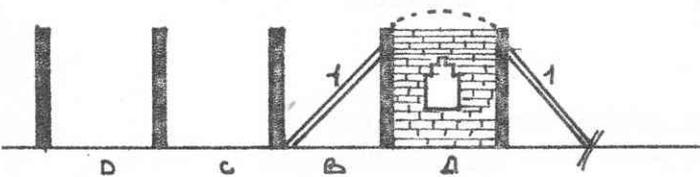


La tension T_1 et T_2 est prise en charge par le treillis et la réaction verticale par les murs de parachèvement.

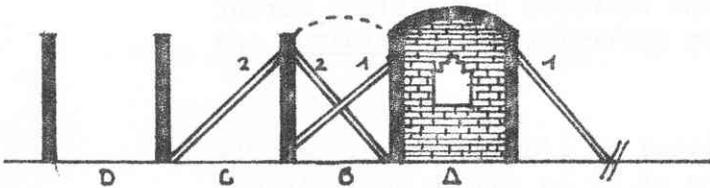
Pour $T_1 = 1000 \text{ kg}$ treillis = $0,3 \text{ cm}^2/\text{m}'$



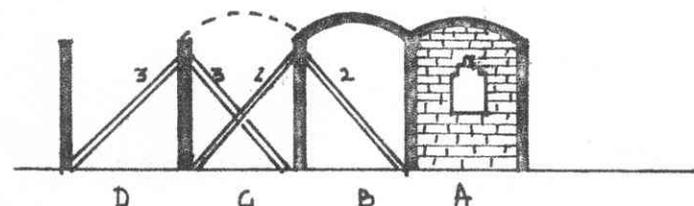
Arches sans parachèvement



2 murs de parachèvement construits. Les arches de la dernière travée A sont étayées à l'extérieur avant de mettre le coffrage de la voûte A.

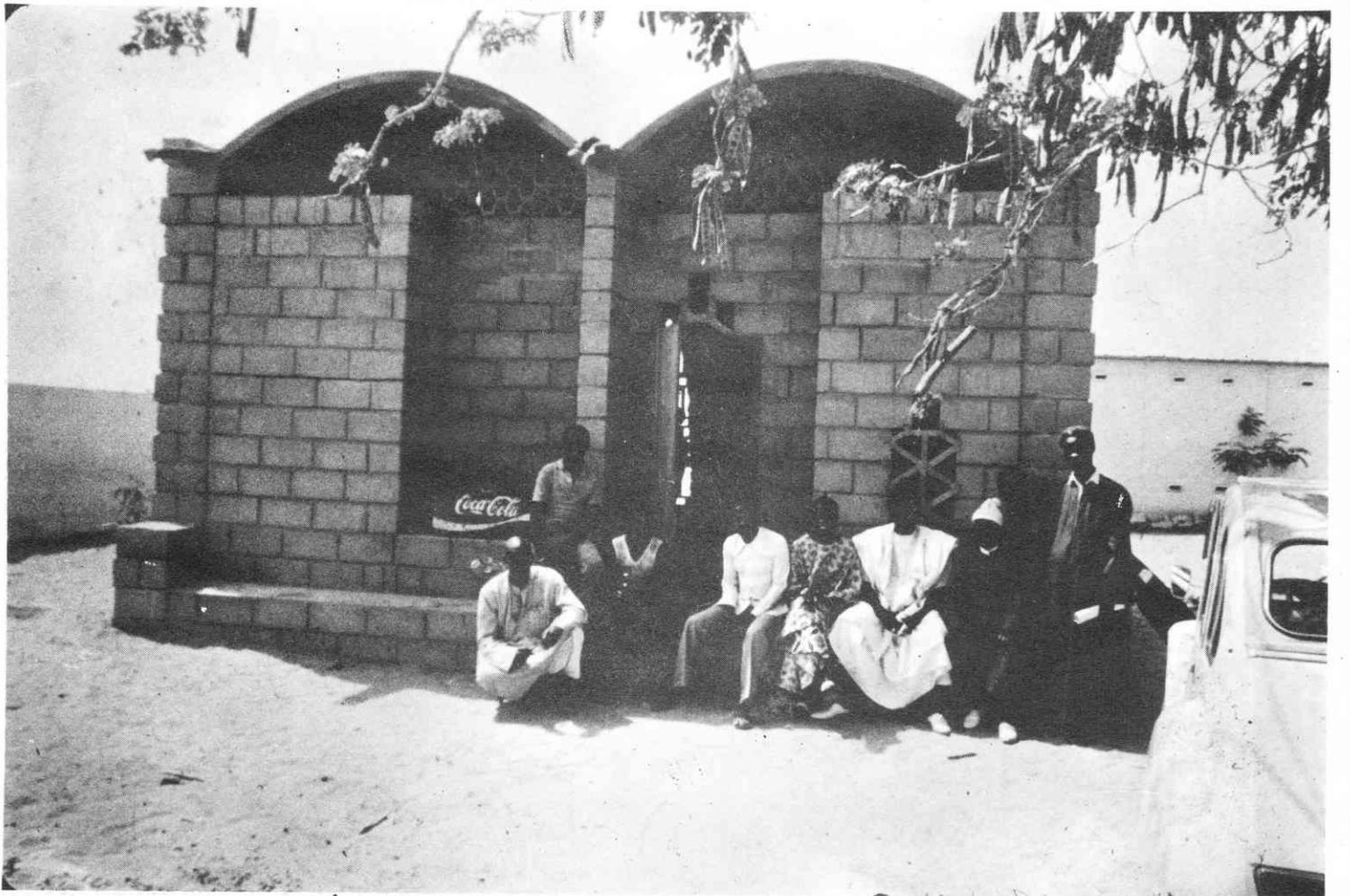


L'arche B-C est étayée avant de mettre le coffrage de la voûte B. Les murs de parachèvement de la travée A sont montés jusqu'à la voûte.



Les étayements 1 peuvent être enlevés une semaine après que les murs soient terminés.

Tous les autres étayements restent jusqu'à finition de la travée finale D.



CHAPITRE VI

ANALYSE DES COUTS

ANALYSE DES COÛTS

1. Le but de cette analyse est d'une part de répondre à une partie des objectifs énoncés au Chapitre I relatifs à la recherche des coûts de matériaux et de main-d'oeuvre utilisés pour la construction du prototype proprement dit selon les techniques appliquées. D'autre part, il s'agit à titre indicatif de donner un aperçu des coûts globaux de l'ensemble de l'opération, en insistant surtout sur les frais d'assistance et de formation que l'introduction d'une technique novatrice implique, ainsi que sur les dépenses relatives à l'expérimentation et à la documentation en vue de la diffusion de l'expérience, dans l'espoir qu'elle sera poursuivie, développée et adaptée par d'autres intéressés.
2. Une remarque importante doit être faite d'emblée : les coûts ne peuvent avoir qu'une valeur relative, compte tenu du lieu, de l'époque et des circonstances particulières de l'expérience. En période d'évolution rapide de la conjoncture économique, il convient en effet de rappeler que l'expérience a eu lieu à Dakar (Région du Cap-Vert au Sénégal). Elle s'est déroulée entre fin mars et fin juin 1975.

Les matériaux ont été achetés sur le marché local de détail TTC, c'est-à-dire aux prix pratiqués vis-à-vis de n'importe quelle personne privée.

La main-d'oeuvre était parfaitement représentative, en terme de qualification et de salaire, de la catégorie des maçons et des manoeuvres sans emploi régulier et qui offrent leurs services à des particuliers comme "tâcherons".

Les transports de matériaux de chez les fournisseurs au chantier ont été effectués par charette à cheval au tarif usuel.

Pour toutes ces raisons, il a paru nécessaire de détailler les prestations en nature, de façon à faciliter leur extrapolation à d'autres réalisations éventuelles similaires, mais exécutées dans d'autres circonstances et de permettre leur actualisation selon la variation des facteurs.

3. TABLEAU I

Prix unitaires pratiqués pour
la réalisation du prototype
Région Cap-Vert, Sénégal
mars - juin 1975

Objet y.c. transport	Unité	Prix unitaire (CFA)
Eau en barrique	litre	0,75
Ciment	sac 50kg	550
Sable de mer	m ³	500
Gravier	m ³	5 000
Trellis poulailler maille 1,7cm Ø 0,7mm	m ²	550
Nattes bambou tréssé "crinting" en 1,50 x 3,00m	m ²	160
Contre-plaqué 5mm	m ²	840
Bois d'échaffaudage	m ²	500
Porte 90/210 avec cadre fourniture et pose	pièce	12 000
Maçon	journée	1 000
Aide (manoeuvre)	journée	500

4. Dépenses pour la construction du prototype proprement dit

4.1 TABLEAU II

Analyse de la main-d'oeuvre et des matériaux employés
par élément de construction

(voir tableau ci-contre)

4.2 TABLEAU III

Analyse de la main-d'oeuvre et des matériaux employés
pour la construction par ouvrage

(voir tableau pages suivantes)

TABLEAU II

ANALYSE DE LA MAIN-D'OEUVRE ET DES MATERIAUX EMPLOYES PAR ELEMENT DE CONSTRUCTION

Elément	Quantité d'unités produites	Matériaux employés				Main-d'oeuvre jours/homme		Soit : quantités par unité d'élément produit					
		Sable (m3)	Ciment (kg)	Pierraille (m3)	Fau (litres)	Magon/transport	Aide	Sable (m3)	Ciment (kg)	Pierraille (m3)	Fau (litres)	Magon/transport	Aide
1. Blocs ("20") creux 185/185/385 (y.c. arrosage)	40 p.	0,42	50	-	120	-	0,66	0,010	1,25	-	3	-	0,016
2. Blocs ("20") pleins " " (y.c. arrosage)	30 p.	0,42	50	-	90	-	0,5	0,014	1,66	-	3	-	0,016
3. Blocs ("10") creux 85/185/385 (y.c. arrosage)	70 p.	0,42	50	-	150	-	1,16	0,006	0,71	-	2,14	-	0,016
4. Blocs ("10") pleins " " (y.c. arrosage)	65 p.	0,42	50	-	130	-	1,08	0,006	0,77	-	2	-	0,016
5. Béton pour fondation mis en place	1 m3	0,4	200	0,9	100	0,75	2,0	0,4	200	0,9	100	0,75	2,0
6. Mortier, dosage 5:1	1 m3	1,0	200	-	150	-	0,5	1,0	200	-	150	-	0,5
7. Mortier, dosage 3:1	0,6m3	0,6	200	-	150	-	0,25	1,0	332	-	249	-	0,4
8. Claustres 8,5cm (30% d'ouverture)	1,0m3	0,06	20	-	10	0,5	0,5	0,06	20	-	10	0,5	0,5
9. Montage maçonnerie appareillée en blocs (quantité moyenne de mortier 5:1 par bloc): "20"=1,8dm3 " " "10"=0,9dm3/pièce	90 p.					1	1					0,01	0,01
10. Sol revêtu d'une chape cimentée 5cm	30m3	1,26	150	-	360	3	3	0,042	5	-	12	0,1	0,1
- plots creux 185/185/385 cassés	120p.	0,71	85	-	255	-	2,0	0,024	2,8	-	8,5	-	0,06
- plots creux 85/185/385 cassés	120p.	1,0	200	-	150	-	0,5	0,033	6,6	-	5	-	0,02
- mortier 5:1	1 m3	0,5	166	-	124	-	0,2	0,016	5,5	-	4,1	-	0,006
- mortier 3:1	0,5m3	0,5	166	-	124	-	0,2	0,016	5,5	-	4,1	-	0,006
s/totaux	30m3	3,47	601	-	889	3	7,6	-	-	-	-	-	-
" "	1m3	-	-	-	-	-	-	0,115	20	-	29,6	0,1	0,25

TABLEAU III (suite...)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
C. Construction des voûtes de toiture (suite)	850	211,6	282,2	0,85	-	-	45	40	50	12	-	0,34	-	-
<u>Report</u>														
Blocs "20" creux pour bordures et gardouilles	30	90	37,5	0,3	-	-	-	-	-	-	-	0,48	-	-
Mortier 5:1	60	8,7	11,5	0,06	-	-	-	-	-	-	-	0,03	-	-
Main-d'oeuvre pour construction													14	14
s/total C		310,3	331,2	1,21	-	-	45	40	50	12	-	0,85	14	14
D. <u>Finitions</u>													14	14,85
Fermeture des ouvertures par claustras	5	50	100	0,3	-	-	-	-	-	-	2,5	2,5	2	2
Têtes de murs, soit														
. blocs "20" pleins	100	300	166	1,4	-	-	-	-	-	-	-	1,6	1,1	1,1
. mortier 5:1	180	27	36	0,18	-	-	-	-	-	-	-	0,09	-	-
Finition toiture														
. mortier 3:1	600	149,4	199,2	0,6	-	-	-	-	-	-	-	0,24	2	2
Chape cimentée, soit :														
. blocs "20" cassés	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	3
. blocs "10" cassés	120	360	150	1,20	-	-	-	-	-	-	-	1,9	-	-
. mortier 5:1	120	255	85,2	0,72	-	-	-	-	-	-	-	1,9	-	-
. mortier 3:1	1000	150	200	1,0	-	-	-	-	-	-	-	0,5	-	-
. mortier 3:1	500	124	166	0,5	-	-	-	-	-	-	-	0,2	-	-
Fermeture claustras sous voûtes	6	60	120	0,36	-	-	-	-	-	-	3	3	2	2
Nettoyage chantier	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	3
s/total D		1 475,9	1 222,4	6,26	-	-	-	-	-	-	5,5	11,33	13,1	13,1
Reports :													5,5	11,93
s/total A		2 358,2	1 305,2	9,11	-	-	-	-	-	-	-	-	18,6	25,03
s/total B		2 205,4	924,4	7,22	-	1	-	-	-	-	-	-	8,65	24,76
s/total C		310,3	331,2	1,21	-	-	45	40	50	12	-	-	9,3	26,63
Récapitulation : TOTAL		6 349,8	3 783,2	23,8	0,54	1	45	40	50	12	-	-	50,55	91,27

4.3 TABLEAU IV

Dépenses pour la construction

(Ces dépenses résultent du produit des quantités récapitulées en fin du tableau III et des prix unitaires indiqués au Tableau I)

	Unité	Quantité	Coût unitaire	Coût (F. CFA)
Eau	litres	6 349,8	0,75	4 762
Ciment	sacs	<u>3 783,2</u> 50	550	41 615
Sable de mer	m ³	23,8	500	11 900
Gravier	m ³	0,54	5 000	2 700
Porte	pièce	1	12 000	12 000
Nattes "crintings" amortissement 80%	m ²	45 x 0,8	160	5 760
Bois échaffaudage amortissement 5%	m ²	40 x 0,05	500	1 000
Treillis poulailler	m ²	50	550	27 500
Formes contreplaqué amortissement 20%	m ²	12 x 0,2	840	2 016
(i) s/total matériaux	-	-	-	<u>109 253 (53%)</u>
+ main-d'oeuvre :				
Maçons	jours	50,55	1 000	50 550
Manoeuvres	jours	91,27	500	45 635
(ii) s/total main-d'oeuvre	-	-	-	<u>96 185 (47%)</u>
TOTAL (i) + (ii)				<u><u>205 438</u></u>

- Soit : 5 010 F. CFA/m² de surface brute construite

- Rapport matériaux/main-d'oeuvre = 1,1 environ

5. Dépenses de tests et d'expérimentation

Construction de 4 voûtes d'essai et tests de rupture au chantier et au laboratoire du Bâtiment et des Travaux Publics (LBTP) :

	F. CFA
Matériaux	66.000
LBTP	<u>48.000</u>
s/total	114.000
Main-d'oeuvre :	
2 x 28 j. : maçon à fr. 1 000 =	56.000
2 x 28 j. : manoeuvre à fr. 5 00 =	<u>28.000</u>
s/total	84.000
Chef maçon :	
20 j. à fr. 2 000 =	<u>56.000</u>
<u>TOTAL F.CFA</u>	<u>254.000</u>

Le but du prototype était d'expérimenter des éléments structurels et leur mise en oeuvre. Il n'a donc aucune finalité fonctionnelle. Mais, comme l'architecture est inséparable de son "faire", il était normal, dans ces conditions, que la dépense pour l'expérimentation soit plus élevée que celle occasionnée par la construction du prototype proprement dit, qui, par ailleurs, est de dimension modeste.

6. Dépenses d'études, de formation, de surveillance au chantier et d'assistance

	F.CFA
Chef maçon :	
52 jours à fr. 2 000	104.000
Matériel de chantier non amorti :	40.000
Outillage et garde :	55.000
Divers, transports et pertes	<u>47.000</u>
<u>TOTAL F.CFA</u>	<u>246.000</u>

Il faut ajouter que 2 experts-associés ont été occupés à plein temps pendant 3 mois pour l'étude des plans d'exécution, la direction du chantier, l'achat des matériaux, le contrôle des dépenses et la formation, soit l'équivalent de 6 mois/homme.

Outre le chef-maçon, 2 maçons et leurs aides ont été formés aux techniques employées. On doit insister ici sur l'importance de l'encadrement, de la formation et des aspects logistiques indispensables

entre autres, au succès des opérations dites d'auto-construction.(1) En effet, lorsque les techniques traditionnelles ou vernaculaires sont considérées comme insuffisantes pour réaliser les buts poursuivis, il faut nécessairement recourir à des techniques améliorées ("technologie appropriée"). En conséquence, l'encadrement, la formation et la logistique jouent un rôle qui ne doit pas être sous-estimé. Dans le cas particulier, compte-tenu des dimensions modestes du prototype, les dépenses peuvent paraître disproportionnées. Mais il est évident qu'il s'agit de coûts relativement incompressibles dont le montant devrait diminuer proportionnellement, en fonction de l'étendue des constructions de même type à réaliser.

7. Récapitulation et dépenses de documentation

Un crédit global de 5.000 US\$ avait été alloué par l'UNESCO pour cette opération, soit :

5.000 US\$, valeur moyenne durant les 6 premiers mois de 1975 :
F.CFA 1.150.000.

Construction prototype :	205.000
Expérimentation	254.000
Formation, assistance	<u>246.000</u>
s/total	705.000

Solde pour frais de documentation, tirages de plans, photos, diapos, bandes magnéto-scope, rapports, publication, etc.	<u>445.000</u>
--	----------------

TOTAL GLOBAL 1.150.000 F.CFA

Un contrat de consultant pour un ingénieur civil attribué à l'occasion de l'opération n'est pas inclus dans le décompte ci-dessus.

8. Conclusion

Les moyens totaux mis en oeuvre sont d'un ordre de grandeur de plus de cinq fois la valeur investie dans le prototype proprement dit. Ce n'est pas par hasard. Compte tenu des options prises au départ, cette proportion n'est que le reflet de l'attention que méritent les problèmes abordés dans cette étude. En effet, dans le contexte des pays en voie de développement, l'auto-construction n'est pas un pis-aller. Au contraire, c'est un authentique moyen de développement à partir des ressources probablement les plus abondantes à condition d'apprendre à les mettre en valeur et de les utiliser.

Dans les pays en voie d'industrialisation, le secteur du bâtiment dit "moderne" n'a jamais pu répondre - et ne pourra probablement pas le faire avant longtemps - qu'aux besoins de

(1) v. UNESCO : Formation-Action pour le Développement, Table Ronde, BREDA, Dakar 1972.

moins de 10 à 15% de la population, c'est-à-dire la part de cette dernière qui est favorisée, monétarisée et "occidentalisée". Le reste - le plus grand nombre - ne peut recourir qu'à des moyens précaires pour réaliser ses aspirations. Faute d'orientation, les possibilités sont réduites soit à l'imitation des modèles importés inadaptés, conduisant à des résultats souvent ruineux et désastreux, soit à la perpétuation des techniques traditionnelles, fréquemment en voie de dégradation.

Or, quantitativement ce secteur est considérable. Mais n'étant pas bien structuré et peu monétarisé, il n'est que peu ou pas pris en compte dans le PNB. C'est pourtant dans cette masse que résident les véritables richesses et ressources potentielles.

La mise en valeur de ces richesses matérielles et humaines pose un problème de priorité en ce qui concerne les infrastructures. La capacité d'investissement en espèces, permettant seule l'acquisition et l'exploitation de techniques moderne importées, est faible. Elle devrait donc être réservée aux équipements lourds, aux gros ouvrages de génie civil et d'assainissement, ainsi qu'aux installations sophistiquées indispensables. C'est dire que pour longtemps encore, il ne devrait rester rien ou très peu, sous cette forme, pour l'habitat du plus grand nombre et ses prolongements.

Seuls les investissements principalement en nature, par l'emploi des ressources humaines et en matériaux locaux permettent et permettront de faire face aux besoins énormes. De toute façon, même là où des moyens financiers commencent à émerger, ce sont les ressources logistiques qui font encore défaut...

Historiquement, en Afrique au Sud du Sahara, les infrastructures et les bâtiments ne sont généralement entrés que pour une faible part dans les préoccupations des populations. Culturellement c'est un domaine peu "chargé", n'ayant reçu que de lointaines influences extérieures (Islam, navigateurs portugais...), restant essentiellement précaire et ne relevant que de techniques rudimentaires. Ce n'est que récemment, autour des pôles de développement nouveaux, que le souci d'implantation durable se fait sentir.

L'érosion relative à la fois culturelle et technique, face aux aspirations à une plus grande permanence - construire en "dur" - a ouvert la voie à l'invasion de la tôle ondulée et du parpaing de ciment, symboles coûteux d'émancipation et de réussite sociale, substituts de la paille et de la terre séchée, mais qualitativement médiocres et architecturalement insignifiants.

Dans ces circonstances, créer les fondements d'une architecture adaptée signifie partir de quasi zéro : réapprendre à étudier et à intégrer les données du climat, l'emploi des matériaux locaux; tenter de comprendre et de traduire les aspirations d'un monde encore opaque - même pour lui-même - mais en pleine évolution. Pour y parvenir, l'architecture de base, tout compte fait, n'offre pas des choix tellement nombreux. On ne peut guère que redécouvrir et adapter des techniques et des expressions éprouvées.

Mais on ne doit rien concevoir sans immédiatement se préoccuper de la manière de le réaliser dans un cadre forcément limité en logistique et en capacité technique. Les "trouvailles" de la technologie moderne ne peuvent être envisagées qu'avec réserve, et là seulement où combinées aux moyens locaux, elles peuvent apporter un progrès significatif réel et à faible coût. Le souci constant doit être de favoriser l'investissement humain contre l'investissement en capital.

Comprendre, concevoir et apprendre à construire au plus près des réalités sont les impératifs qui justifient l'allocation des dépenses et les efforts qui ont permis la réalisation de l'expérience faisant l'objet de ce rapport.

CHAPITRE VII

RECOMMANDATIONS COMPLEMENTAIRES

CHAPITRE VII - RECOMMANDATIONS COMPLEMENTAIRES

1. RESISTANCE DES MATERIAUX

Pour le premier prototype, quelques blocs pleins et quelques plots creux ont été essayés dans un laboratoire spécialisé.

Suivant la localisation des chantiers, ce moyen de contrôle ne pourra pas être appliqué. De plus, il faudrait connaître avant l'établissement du projet d'exécution l'ordre de grandeur des caractéristiques de résistance des différents matériaux qui seront utilisés.

La connaissance exacte - sinon précise - de la résistance des matériaux employés est primordiale, tant au stade des études, que de l'exécution.

1.1. Processus à étudier et à élaborer en détail

- a) Prélèvement des échantillons de matière première sur place
 - localisation des prélèvements
 - mode de prélèvement
 - quantité et identification
 - mode d'expédition
- b) Confection des échantillons de matériaux
 - mélange ou non des différentes provenances
 - dosage
 - essais (résistance, maniabilité, etc.)
 - tableaux comparatifs (ou études poussées)
 - choix des différents composants du matériaux définitif
 - série d'essai sur le type de matériaux choisi
 - ajustement et décision définitives (pour le projet en tout cas, si possible pour l'exécution)
 - établissement d'une faille type donnant les caractéristiques principales.
- c) Fabrication sur place avec ce matériaux de différents éléments de construction (blocs, plots, tuiles, claustras, poutrelles, plaques)
 - essai sur place de quelques-uns de ces éléments
 - mise au point du mode de fabrication
- d) Contrôle sur place du matériaux utilisé
 - appareillage ultra simple (moule, presse à contre-poids)
 - nombre d'essais
 - fréquence des essais
 - consignation et diffusion des résultats

1.2. Principales caractéristiques de résistance à connaître :

- compression
- fragilité (arrêtes, épaisseur minimum, etc.)
- perméabilité (résistance à sec ou humide)
- "érodabilité" (vent et pluie)

2. FONDATEIONS

Le système des structures de portée courte (si possible aucune traction dans la structure) est particulièrement sensible au moindre mouvement de ses assises (fondations), qui pourraient même, dans certains cas, entraîner la ruine d'une partie des ouvrages. Une attention particulière doit donc être portée aux points suivants :

2.1. Nature du sol de fondations

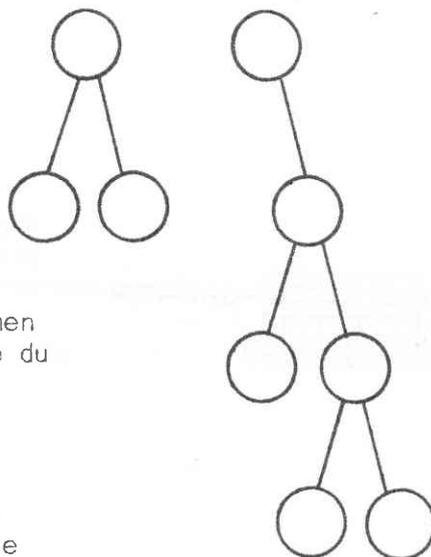
Régions à caractéristiques générales communes

Principaux types de sols

Classification par examen et fouille exploratoire du sol sur place

Sur le sol de fondation choisi, détermination de ses caractéristiques par outillage à main

(type schliéromètre et scissomètre)



Exemple

Cap Vert
Zone somalo-sahélienne

sabloneux
argileux

Pas de nappe phréatique
Sable de mer

0,5 kg/cm²
ou 5 t/m²

2.2. Efforts au niveau du sol de fondation

Voir calculs.

Etre attentif à :

- o brusque variation ou concentration des efforts
- o influence du vent
- o effet des déformations thermiques de la structure
- o surcharges mobiles éventuelles

2.3. Stabilité dans le temps, de l'ensemble sol-fondations

- effet d'une érosion hydraulique ou éolienne sur les assises de l'ouvrage
- nappe phréatique
- variation de l'humidité du sol, selon les saisons

2.4. Types de fondations ou fondations-types

Il sera difficile d'établir une seule fondation-type, mais on devra s'efforcer d'établir quelques catégories principales dont le nombre pourra être réduit en jouant sur les trois facteurs suivants :

- facteur maçonnerie
- facteur surface de contact
- facteur sol (éventuellement consolidé)

Exemple :

