



Accédez à la
documentation
complète de

www.soleil-vapeur.org

1ère Partie Liste des chapitres:

Chap I – Dossier de calculs

Chap II – Conception du capteur

► **Chap III – Etude du capteur**

Chap IV – Etude du circuit de production de vapeur

Chap V – Construction du capteur et du circuit de vapeur

Chap VI– Installation, Conduite, Performances, Maintenance

Chap VII – La malle pédagogique

Chap VIII – Plans informatiques.

Chap IX – Ombre portée d'un baton

Chap X – les positions du capteur

Chapitre III ETUDE du CAPTEUR de 2m²

pages

3	Section I - LA POUTRE VUE EN COUPE
	§ 1) Rappel des données
5	§ 2) Tracé de la parabole
6	§ 3) Encombrement du premier étage: le miroir
8	§ 4) Encombrement du second étage: CPC et bouilleur
9	§ 5) Définition de la section intérieure, et calculs en retour
13	Section II - ETUDE DU MIROIR
	§ 1) L'installation du miroir sur la poutre
	§ 2) Les détails des profils paraboliques
17	§ 3) La caisse de transport et de rangement des miroirs
20	Section III -ETUDE DU CONCENTRATEUR PARABOLIQUE COMPOSE
21	§ 1) Présentation générale
	§ 2) Les tracés préalables
23	§ 3) Les cotations
25	§ 4) Les tôles du Concentrateur
28	§ 5) La disposition en longueur des éléments du Concentrateur
28	§ 6) Les tubes de renfort et de fixation
32	§ 7) La répartition des entretoises

Section IV -ETUDE DE LA POUTRE

- 33 § 1) Présentation générale de la poutre
- 35 § 2) Les platines
- 37 § 3) Les pointes de la poutre vues en coupe
- 40 § 4) La traverse et les montants: récapitulation des cotes
- 45 § 5) Les faces de la poutre
- 51 § 6) Longerons et entretoises: récapitulation des cotes
- 54 § 7) Les pannes
- 55 § 8) Marquage des tubes et récapitulation des quantités

Section V - ETUDE DE LA TETE DE POUTRE

- 57 § 1- La tête de poutre vue en coupe
- 58 § 2- Les platines
- 59 § 3- Les faces de la tête de poutre
- 63 § 4- Récapitulation des cotes
- 66 § 5- Débit et marquage des tubes et platines

Section VI - ETUDE DU SYSTEME DE POINTAGE

- 67 § 1) Une solution de base
- 71 § 2) Une installation foraine
- 73 § 3) Caractéristiques dimensionnelles des tubes
- 74 § 4) Pour un capteur plus important
- 75 § 5) Evolution du système de pointage au cours de la saison

SECTION I -ETUDE DE LA POUTRE VUE EN COUPE

§ 1) RAPPEL DES DONNEES

A) LES CHOIX INITIAUX

Pour le petit capteur pédagogique de Soleil-Vapeur, le choix s'est porté sur un capteur de 2m², avec un miroir de 1.25 m de largeur développée et une pupille de sortie de 40 mm.

- le taux de concentration est de 29, ce qui est largement suffisant pour le niveau de température souhaité,
- l'angle de dépointage est de 1.32°, ce qui permet une conduite manuelle confortable
- on peut installer une chaudière diam 48 mm, dont l'autonomie de fonctionnement est d'une heure et demie, et dont l'inertie thermique n'est pas trop élevée.

Toutefois, lorsque l'on dessine un CPC avec une pupille de sortie de 40 mm, on constate une fois le capteur achevé que les divers empilages de tôles pliées du CPC réduisent malicieusement la largeur de la pupille d'une dizaine de millimètres.

Toutes choses bien pesées par ailleurs, la solution consiste à dessiner un capteur avec pupille de sortie de 50 mm. Des cales d'épaisseur, judicieusement placées, permettront facilement de régler l'ouverture de la pupille à la cote voulue.

B) LES CALCULS DE CONCEPTION

Caractéristiques du miroir et du CPC
Les angles sont en degrés décimaux, les longueurs en mètres

Caractéristiques du miroir et du CPC		Valeurs Calculées		Visualisation	
Focale du miroir:	1.00	Abscisse rive Nord :	0.131086926	Dépointage	0
Angle entre rive Nord et plan focal:	7.5	Abscisse rive Sud :	1.295563001	<input type="button" value="Capteur"/>	
Diamètre du soleil:	0.533 (0.533 = 32 minutes d'arc par défaut)	Largeur apparente :	1.164476076	<input type="button" value="CPC"/>	
Largeur de la pupille de sortie du CPC:	0.050	(Les angles sont donnés par rapport au plan focal)			
Largeur développée du miroir:	1.25	Angle rive Sud :	65.868840234	<input type="checkbox"/> 9h-15h	
Ombre mini du CPC		Angle plan bissecteur :	36.684420161		
Abscisse ombre :	0.071682192	Angle optimum :	53.739429713		
Angle ombre :	4.105329990	Angle au sommet :	58.368840234		
		Angle dépointage :	1.695741729		
<input type="button" value="Annuler"/> <input type="button" value="Aide"/> <input type="button" value="Calculer"/>		Angle acceptance CPC :	31.095971114		
<input type="button" value="Imprimer"/> <input type="button" value="Quitter"/>		Pupille d'entrée CPC :	0.096810461		
		Hauteur du CPC :	0.121704590		
		Largeur tache à 9.00h :	0.021388880		
		Concentration géom.:	23.289522171		

C) LA LONGUEUR DU CAPTEUR

La largeur apparente du miroir est de 1.16 m, et l'on souhaite un capteur de 2m² utiles; la longueur de la chaudière sera donc de $2.00/1.16 = 1.72$. Par précaution, la longueur du CPC sera légèrement supérieure.

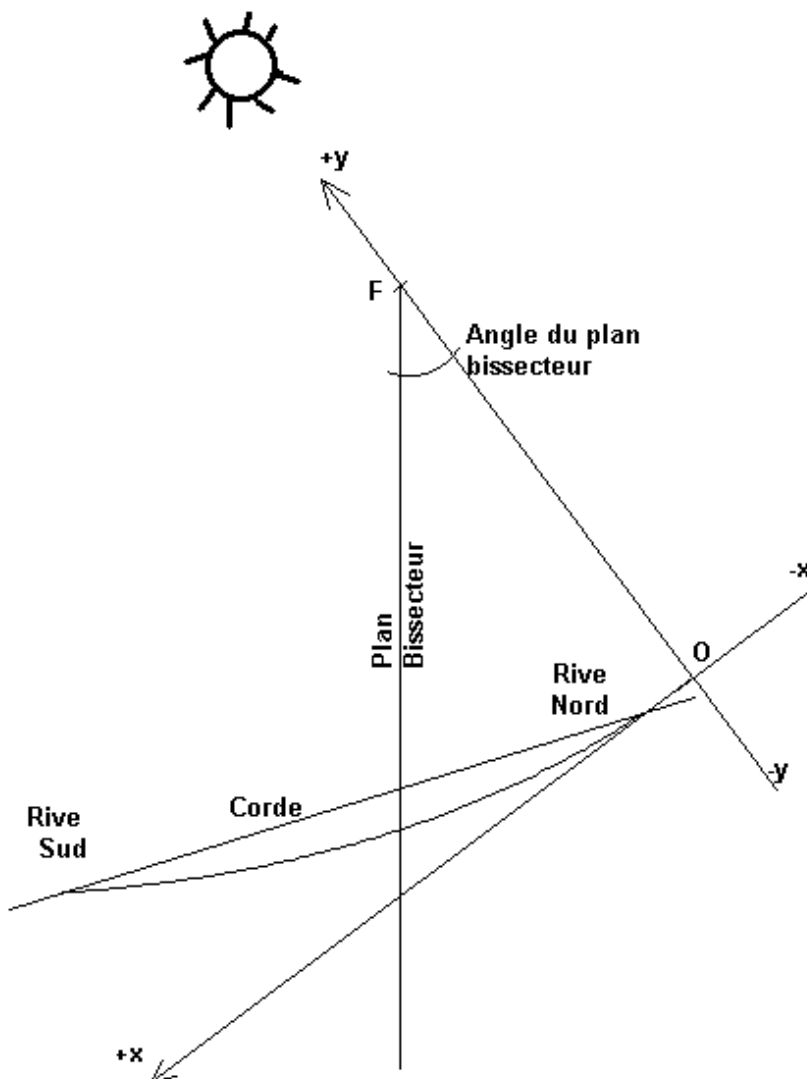
D) LA SECTION LIBRE DE LA POUTRE

Il s'agit maintenant de définir la "section intérieure libre" de la poutre, en fonction des paramètres initiaux et des valeurs fournies par le programme de conception.

La section intérieure libre de la poutre est un triangle dont les trois côtés sont délimités en fonction

- de l'encombrement du miroir
- de l'encombrement du concentrateur
- et de leurs positions respectives

Les trois cotés correspondent aux faces intérieures des tubes constituant la poutre.



§ 2) TRACE DE LA PARABOLE

Dessiner un système d'axes orthonormés xOy;

Tracer la parabole ($y = x^2/4f$)

Repérer le foyer F

Tracer la corde passant par Rive Nord et Rive Sud

Tracer le plan bissecteur passant par F et dont l'angle avec l'axe des Y est fourni par le programme de conception. Le plan bissecteur partage également l'angle Rive nord / Foyer / Rive Sud, on peut en faire la vérification.

Afin d'harmoniser les présentations du capteur, on considère

-que l'observateur est situé à l'Est du capteur, et regarde vers l'Ouest, le Sud est à sa gauche, le Nord est à sa droite.

- que le capteur est quelque peu incliné vers le Sud, le plan bissecteur étant vertical.

Autocad ne connaissant pas la parabole, il faut introduire manuellement les coordonnées de la parabole, après les avoir faites calculer par tableur. Des plans au format .DWF sont disponibles au chapitre IX de la 1ère partie.

ci dessous: Coordonnées d'une fraction d'arc de demi-parabole entre $x = 131.087$ et $x = 1295.563$

Focale $f = 1000$ Longueur développée de l'arc = 1250 Rappel: $y = x^2/4f$

Valeur en x	Valeur en y				
131,087	4,2959504	530	70,225	930	216,225
140	4,9	540	72,9	940	220,9
150	5,625	550	75,625	950	225,625
160	6,4	560	78,4	960	230,4
170	7,225	570	81,225	970	235,225
180	8,1	580	84,1	980	240,1
190	9,025	590	87,025	990	245,025
200	10	600	90	1000	250
210	11,025	610	93,025	1010	255,025
220	12,1	620	96,1	1020	260,1
230	13,225	630	99,225	1030	265,225
240	14,4	640	102,4	1040	270,4
250	15,625	650	105,625	1050	275,625
260	16,9	660	108,9	1060	280,9
270	18,225	670	112,225	1070	286,225
280	19,6	680	115,6	1080	291,6
290	21,025	690	119,025	1090	297,025
300	22,5	700	122,5	1100	302,5
310	24,025	710	126,025	1110	308,025
320	25,6	720	129,6	1120	313,6
330	27,225	730	133,225	1130	319,225
340	28,9	740	136,9	1140	324,9
350	30,625	750	140,625	1150	330,625
360	32,4	760	144,4	1160	336,4
370	34,225	770	148,225	1170	342,225
380	36,1	780	152,1	1180	348,1
390	38,025	790	156,025	1190	354,025
400	40	800	160	1200	360
410	42,025	810	164,025	1210	366,025
420	44,1	820	168,1	1220	372,1
430	46,225	830	172,225	1230	378,225
440	48,4	840	176,4	1240	384,4
450	50,625	850	180,625	1250	390,625
460	52,9	860	184,9	1260	396,9
470	55,225	870	189,225	1270	403,225
480	57,6	880	193,6	1280	409,6
490	60,025	890	198,025	1290	416,025
500	62,5	900	202,5	1295,563	419,62087
510	65,025	910	207,025		
520	67,6	920	211,6		

§ 3) ENCOMBREMENT DU PREMIER ETAGE: LE MIROIR Schéma page 7

1 brève description des miroirs

(cf schéma au chapitre suivant)

Le miroir est composé

- de la tôle miroir proprement dite, en aluminium anodisé de 0.6 mm d'épaisseur.
- d'une tôle d'acier, de 0.75 mm, supportant la tôle miroir
- de profils paraboliques découpés dans de la tôle, disposés verticalement, espacés d'une vingtaine de centimètres, liaisonnés par de tiges filetées, qui forment l'ossature des miroirs élémentaires;
les miroirs élémentaires, dimension 1.250 * 625, reposent sur la face Nadir par l'intermédiaires de pannes tubulaires.

Le chant supérieur des profils épouse parfaitement la forme de l'arc de parabole, entre les deux rives (on néglige l'épaisseur de la tole miroir et de la tole acier qui la supporte). Le chant inférieur est dessiné parallèlement au chant supérieur, la hauteur du profil étant, par expérience, fixée à 60 mm pour des miroirs de 1.25 m

2° Tracé des contours des profils paraboliques

a) en rives

Depuis la Rive Sud, tracer une perpendiculaire à la corde, longueur 200 mm environ, puis tracer un repère à 60 mm de la corde.

Depuis la Rive Nord, procéder de même.

Nota 1: avec le mode d'accrochage "Intersection" d'Autocad, veiller à ne pas confondre le point Rive Nord (Intersection de la parabole et de la corde) avec l'intersection, très proche, de la corde avec l'axe des X

Nota 2 chaque sommet de la poly ligne étant considéré comme une intersection, il y a là aussi risque de confusion

b) Tracé du chant inférieur du profil

Copier/déplacer la parabole et l'installer sur les deux repères tracés en a).

3) l'encombrement en hauteur des miroirs

Pour connaître l'encombrement en hauteur du miroir, mesurer la distance maximum entre la corde et le chant inférieur, rajouter une marge de 5 mm, et arrondir le chiffre.

Capteur de 2m²: encombrement en hauteur = 140 + 5 = 145 mm

Dans le cas d'un capteur avec miroir de 2.00 m ou 2.50m, le miroir est en deux parties, il faut alors tenir compte de l'encombrement de pannes supplémentaires.

4) Tracé de la face Nadir

Tracer la face Nadir de la poutre parallèlement à la corde, à une distance égale à l'encombrement en hauteur des miroirs

5) Encombrement du miroir en rive Sud

Il convient de ménager une marge entre la face Sud de la poutre et la rive Sud du miroir, afin d'en faciliter la manutention. On trace un cercle de rayon 24 mm, centré sur le point Rive Sud; la face Sud viendra tangenter ce cercle d'encombrement Sud du Miroir

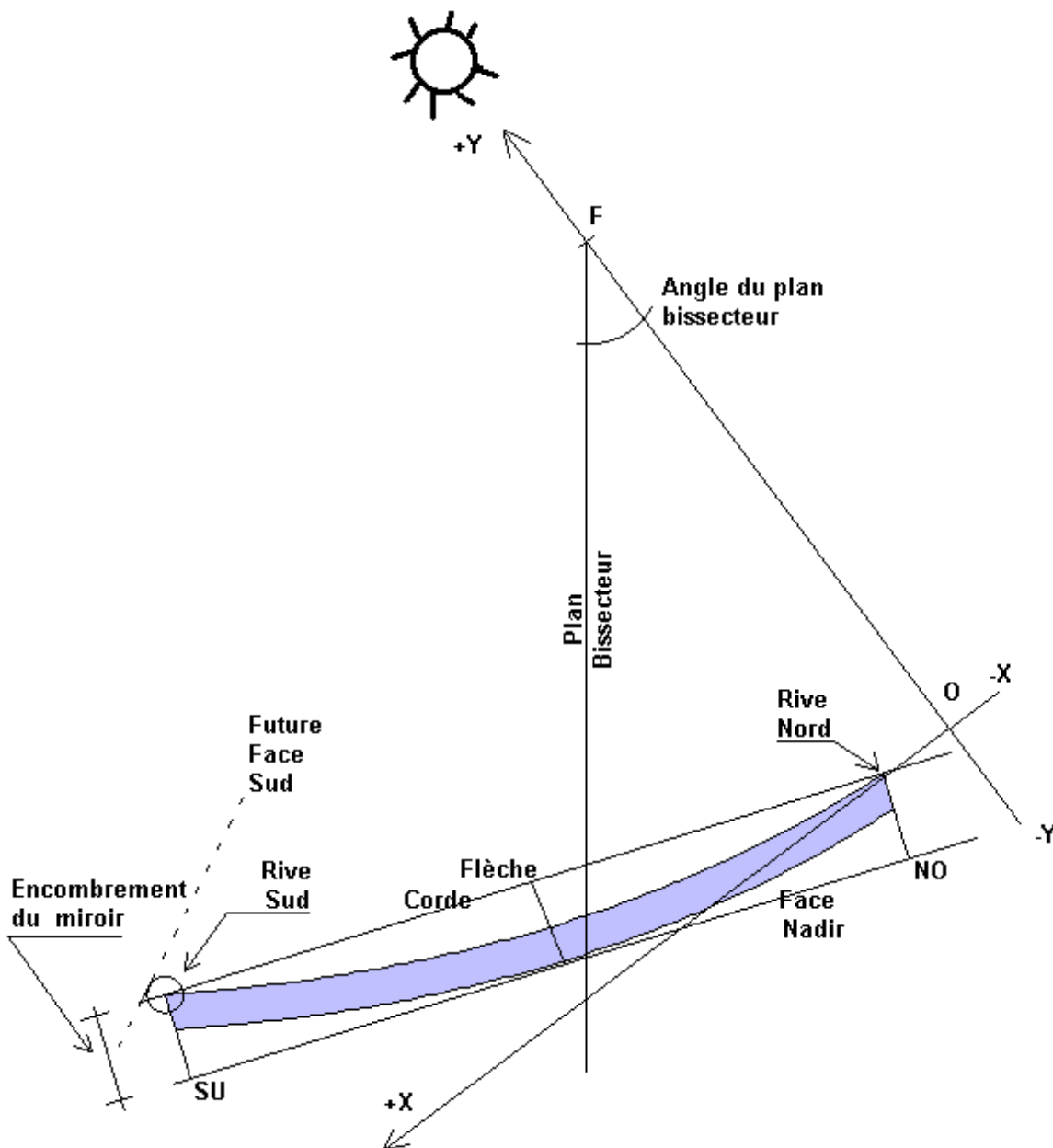
6) Encombrement du miroir en rive Nord:

Il conviendra également de ménager une marge entre la rive Nord du miroir et la face Nord de la poutre: ce point sera abordé ultérieurement

7) Les repères sur la face Nadir: NO et SU

Les perpendiculaires à la corde tracées depuis les points Rive Nord et Rive Sud coupent la face Nadir en NO et SU.

NO et SU serviront ultérieurement de points de repère pour l'installation du capteur sur la poutre. Couper l'excédent de ces perpendiculaires au delà de NO et SU



§ 4) ENCOMBREMENT DU SECOND ETAGE: CPC et BOUILLEUR

1 Installation du CPC et du Bouilleur dans le système xOy

a) le CPC

L'axe de symétrie du CPC est installé sur le plan bissecteur,

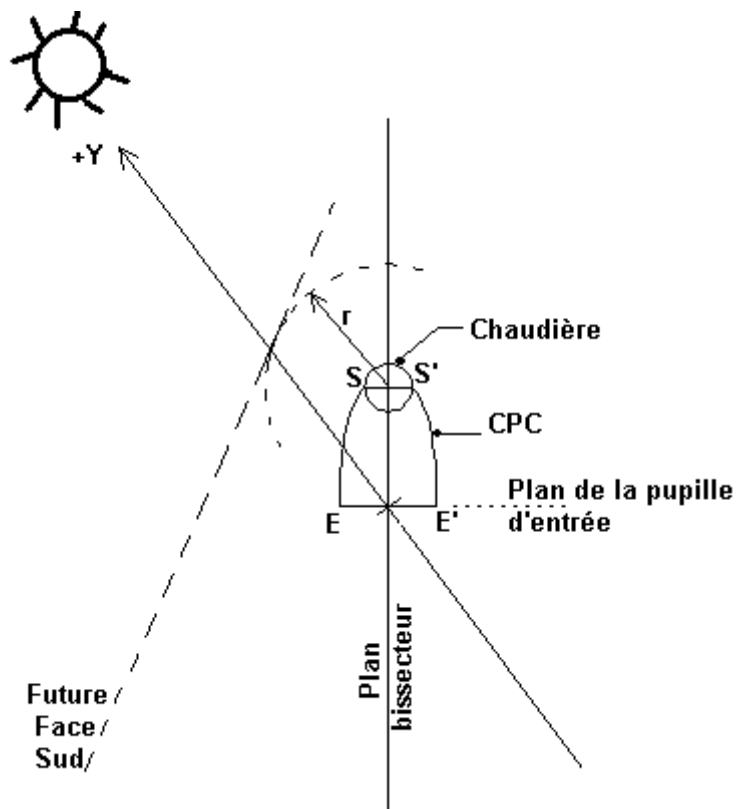
- la pupille d'entrée, perpendiculaire au plan bissecteur, est axée sur lui au point F. Sa dimension est fournie par le programme de conception, ses extrémités sont E et E'.
- la hauteur du CPC est la distance entre la pupille d'entrée et la pupille de sortie Sa dimension est fournie par le programme de conception,
- la pupille de sortie est également perpendiculaire au plan bissecteur, et axée sur lui, sa largeur est fournie par le programme de conception, ses extrémités sont S et S'.

Nota 1 il n'est nullement indispensable de tracer les deux miroirs du CPC, d'autant plus que Autocad ne sait pas tracer les paraboles. On peut toutefois tracer deux arcs approximatifs, pour faciliter la lecture du dessin, mais seulement une fois qu'il sera achevé, pour ne pas fausser les cotes avec des tracés approximatifs. Lors de la construction en atelier, pour le "formage" des tôles du CPC, on disposera de gabarits échelle 1

Nota 2 si le CPC est trop imposant, il est toujours possible d'effectuer une troncature du CPC, voir les études théoriques sur le sujet.

b) Le bouilleur tubulaire (= chaudière)

Il repose sur la pupille de sortie. Dans le capteur de 2m², le bouilleur diam 48 mm est plus petit que la pupille, du moins en théorie (voir ci dessus:§ 1) les données). Tracer le bouilleur axé sur la pupille



2- L'encombrement du second Etage

L'encombrement du second étage tient compte du rayon de la chaudière, de l'épaisseur d'isolant souhaitée, et... de l'épaisseur de la tôle du CPC, soit ici

$$(48/2) + 100 + 1 = 125 \text{ mm}$$

A partir de l'axe du bouilleur, on trace un cercle d'encombrement de rayon $r = 125 \text{ mm}$, centré sur le bouilleur. La face Sud de la poutre viendra tangenter ce cercle d'encombrement Sud du CPC.

§ 5) DEFINITION DE LA SECTION INTERIEURE, ET CALCULS EN RETOUR

1 Tracé de la face Sud

On trace une droite tangente aux deux cercles d'encombrement: c'est la Face Sud de la poutre.

L'intersection de la face Sud et de la face Nadir détermine la pointe Sud

L'intersection de la Face Sud et du Plan bissecteur détermine la pointe Zénith

2 Tracé de la face Nord

La face Nord est installée symétriquement à la face Sud, en passant par la pointe zénith.

L'intersection de la face Nord et de la face Nadir détermine la pointe Nord.

3- Calculs en retour sur le miroir

On vérifiera qu'il subsiste bien une marge entre la rive Nord du miroir et la face Nord que l'on vient de tracer. Compte tenu de la géométrie de la parabole, cette marge doit être nettement supérieure à celle prévue initialement entre la rive Sud et la face Sud (presque le double); sinon, il y a certainement erreur dans les calculs.

On pourrait donc gagner un peu de place et de matière en "resserrant" la face Nord, mais il est bien préférable de conserver la symétrie des deux faces, de façon à avoir un CPC symétrique, ce qui facilite la fabrication et évite les erreurs de montage

4- Calculs en retour sur le CPC

a) pour esquisser la silhouette du CPC,

- les projections de E et E' en ENord et Esud, sur les Faces Nord et Sud, déterminent la sous-face des capots.

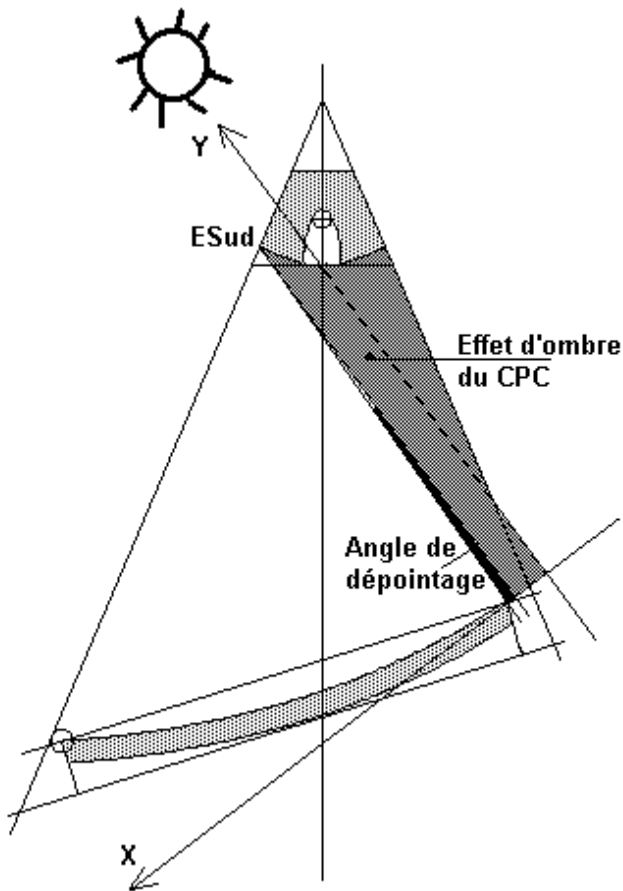
- l'emplacement du capot supérieur est déterminé par la génératrice supérieure du cercle d'encombrement de rayon r

- les faces Nord et Sud déterminent les côtés

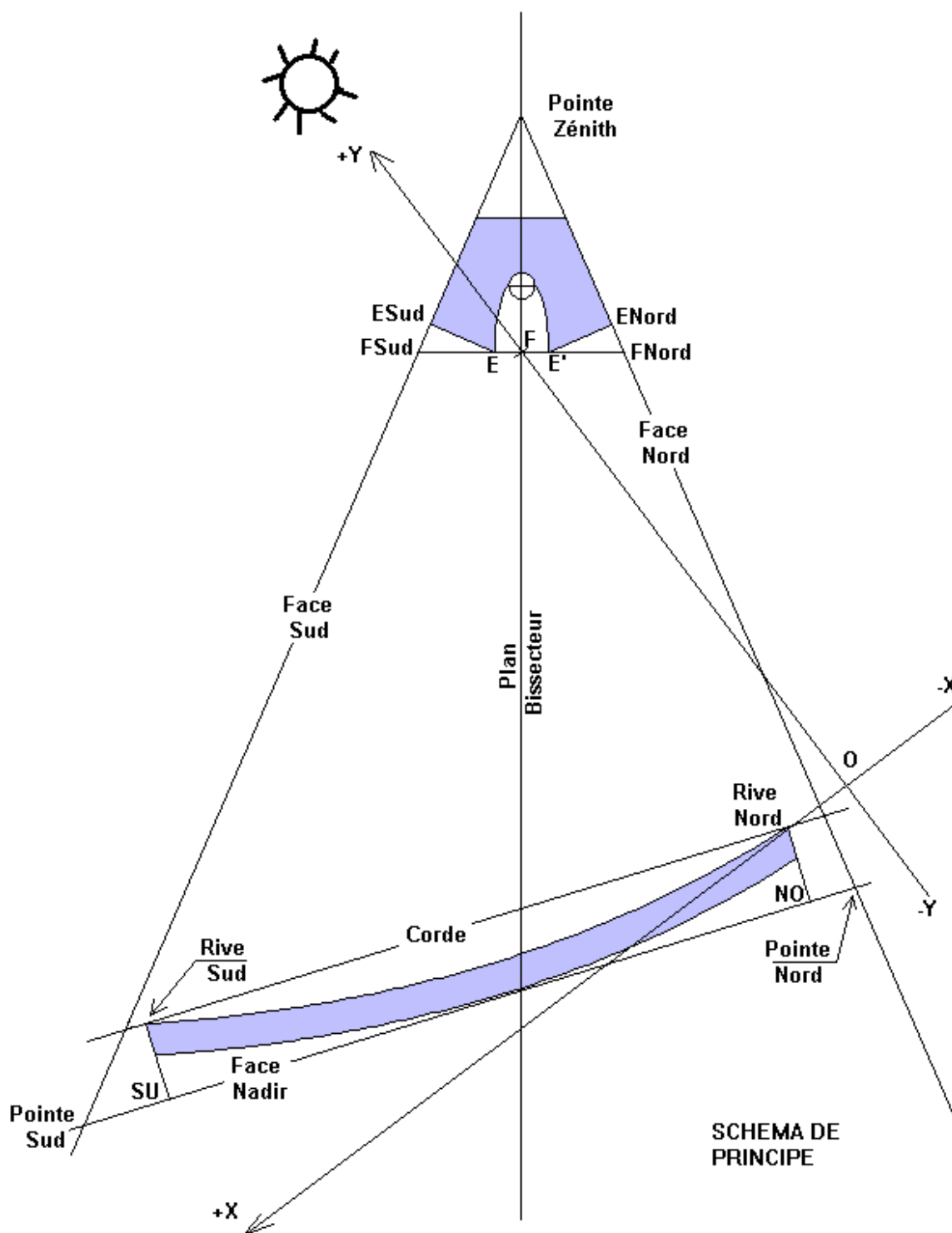
b) Pour positionner ultérieurement le CPC sur la poutre, on définit les points FNord et FSud, à l'intersection du plan de la pupille d'entrée et des faces Nord et Sud. Ils serviront de repères.

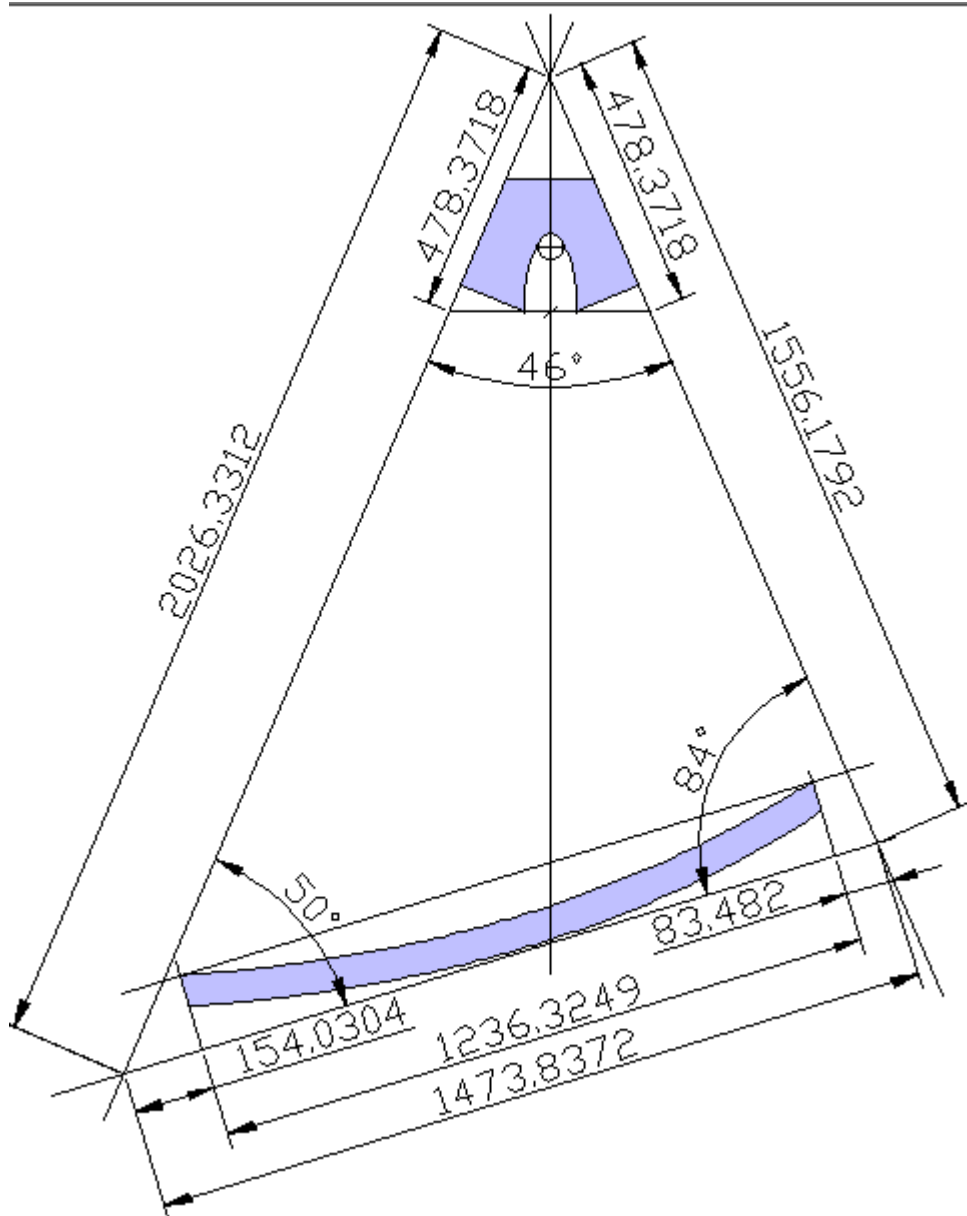
c) vérification de l'effet d'ombre du CPC sur le miroir

On vérifie que, en position de dépointage maximum du capteur, l'arête ESud du CPC ne fait pas d'ombre sur le miroir. Sinon, il faut... tout reprendre depuis le programme de conception, en modifiant l'angle entre Rive Nord et plan focal, mais en conservant tous les autres paramètres



La section intérieure libre de la poutre étant entièrement définie, chaque "corps de métier" (miroir, CPC, Poutre...) peut désormais travailler sa partie.





SECTION II ETUDE DU MIROIR

ET DE LA CAISSE DE RANGEMENT

Le miroir est constitué

- de profils paraboliques découpés dans de la tôle, espacés de 20 cm environ, assemblés par des tiges filetées
- d'une tôle en acier 75/100èmes, collée sur les profils paraboliques
- enfin de la tôle miroir en aluminium anodisé.

Les miroirs unitaires mesurent 1.25m * 0.625 m, et sont manu-portables

Les contours des profils paraboliques étant été définis précédemment, il s'agit ici de préciser

- l'installation du miroir sur la poutre
- les détails des profils paraboliques
- et de dessiner la caisse de transport/stockage des miroirs

§ 1) L'INSTALLATION DU MIROIR SUR LA POUTRE

Les miroirs reposent sur la poutre par l'intermédiaire de deux pannes tubulaires orientées Est-Ouest. Compte tenu de la portée des travées de la poutre (environ 1 mètre dans le cas d'une focale de 1 mètre), des tubes carrés 30*30ep 2 conviendront.

(pour une portée de 2.00 m il faudrait utiliser du tube carré 45*45*2)

La répartition des deux pannes sous le miroir se fait graphiquement, en tenant compte de plusieurs impératifs, entre autres

- la résistance des matériaux: il conviendrait d'installer les pannes à environ 30 cm de l'extrémité des profils
- le maintien des miroirs sur la poutre: il faut que les encoches des profils soient suffisantes pour un bon maintien des miroirs (notamment en position "hiver") sans pour autant faiblir excessivement les profils paraboliques. Une profondeur d'encoches de 15 mm convient; 12 mm est un minimum, 20 mm est un maximum

Il semble alors judicieux d'installer la panne Nord à 280 mm de NO, et la panne Sud à 320 mm, et de surélever les pannes sur des cales de 10 mm (au lieu d'utiliser des pannes de 40 x 40 mm, qui seraient sur-dimensionnées en résistance)

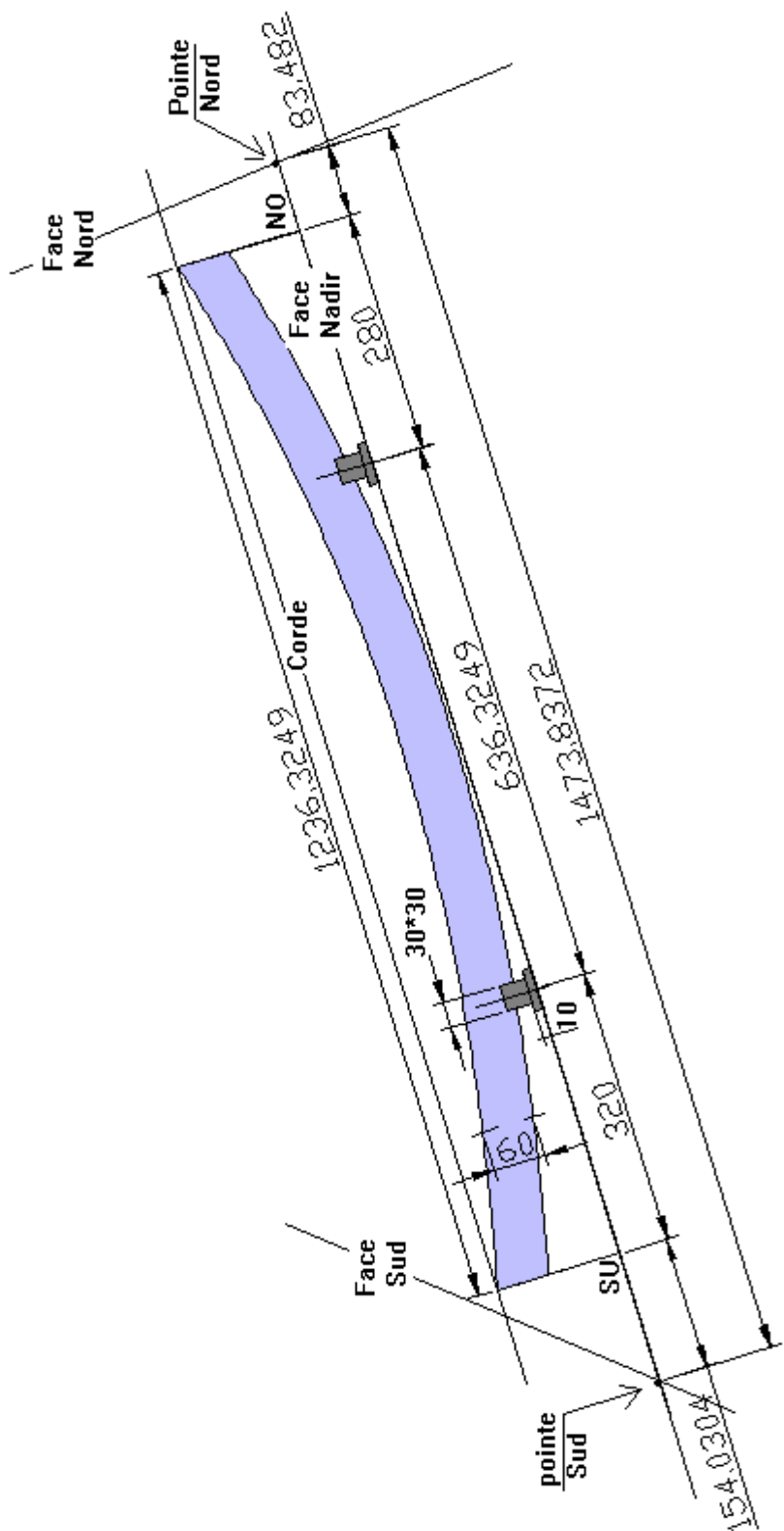
§ 2) LES DETAILS DES PROFILS PARABOLIQUES

La corde et les deux extrémités sont désormais les points de référence.

1- les encoches pour pannes

La partie horizontale des encoches correspond exactement à la surface des pannes

On laisse un jeu latéral de 1 mm de part et d'autre de la panne. Prévoir un jeu d'autant plus important que l'encoche est profonde.



2- Percements pour les tiges d'assemblage

Les profils sont assemblés par cinq tiges filetées.. Dessiner des percements à diamètre 10mm pour des tiges M10

- au droit des pannes: deux percements dans l'axe des pannes, à mi hauteur entre la sur-face de la panne et l'arc de parabole. Les tiges filetées au droit des pannes serviront éventuellement à amarrer le miroir sur les pannes au moyen de sandow ou autre. Installer le centre à une cote ronde depuis la corde
- au milieu du profil, à mi-chemin entre les deux pannes; installer le centre à une cote ronde depuis la corde
- aux extrémités du profil. Les tiges filetées en extrémité de profil serviront à la préhension du miroir lors des manutentions. Il faut donc les installer assez près des rives, pour éviter une saisie du miroir par la tôle. . Un bon compromis: tracer le percement à 30 mm de la corde et 15 mm de l'extrémité du profil.

3- percement pour repérage du Nord

Les profils étant presque symétriques, et afin d'éviter toute confusion entre les extrémités Nord et Sud lors des opérations d'assemblage, tracer un percement diam 10 du côté Rive Nord permettant à l'utilisateur (et au monteur) de repérer facilement la rive Nord. Pour un accès visuel facile, le percement est installé près de la sous-face et près de l'extrémité Nord.

4 Encoches pour renforts de rive

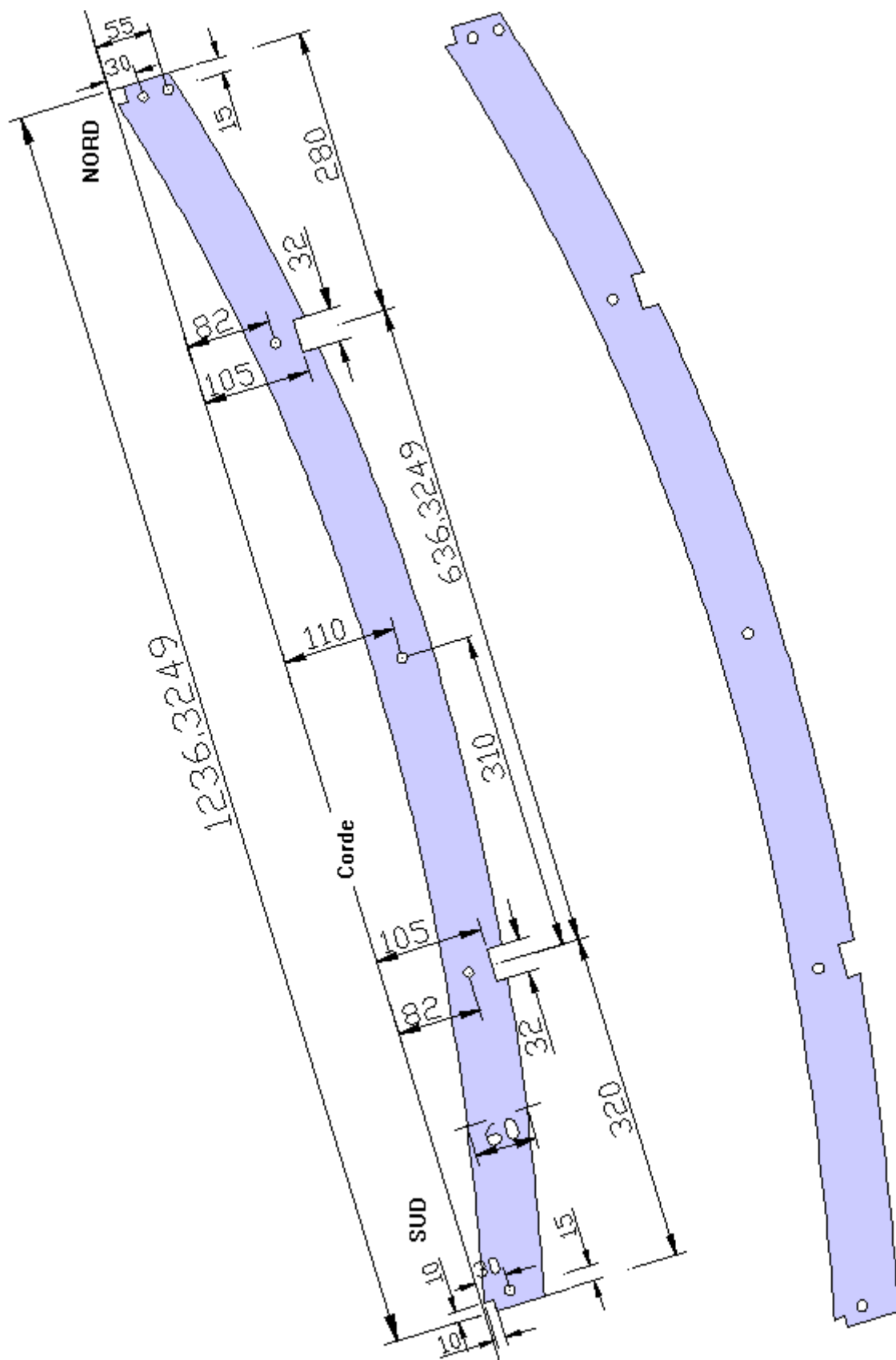
La tôle d'acier de 0.75 mm repose parfaitement bien sur les profils paraboliques , mais en rives, entre les profils, elle a tendance à "friser". Il convient de renforcer les rives avec un fer rond galvanisé diamètre 8 mm qui sera fixé au mastic-colle. La dimension des encoches doit permettre un jeu de 2 mm (ou plus) entre la tôle et le fer rond, cet espace sera comblé au mastic; mais le fer rond ne doit surtout pas empiéter sur la parabole. Dessiner des encoches carrées, l'encollage ne sera que meilleur

Nota la cote de 10 mm est mesurée depuis la parabole et non depuis la corde.

Si le tracé doit être transmis à une machine de découpe automatisée, vérifier l'absence de tracé parasite, notamment au niveau des encoches pour pannes.

SUPPORTS DE MIROIRS EN FIBRE DE VERRE ET RESINE. Il semblerait intéressant à priori de confectionner les supports de miroir en fibre de verre et résine avec un sandwich en mousse pour obtenir une bonne tenue. Cette technique a même été utilisée pour le premier capteur de 16m² construit par Soleil Vapeur; hélas il semble que ce matériau composite n'a pas la stabilité dimensionnelle suffisante compte tenu des exigences du capteur. Il s'agissait toutefois de miroirs de 200M x 1.00 M; les déformations seraient probablement moins importantes dans le cas de miroirs de 1.25 x 0.625 M.

Quantité de profils paraboliques à faire découper: on part du principe que l'utilisateur translate les miroirs sur la poutre au cours de la journée (c'est la solution recommandée). Pour insoler un bouilleur de 1,80 m, quatre miroirs de 0,625 m de large sont donc tout à fait suffisants. Chaque miroir nécessite 5 profils, espacés de 15 cm environ. Il faut donc faire découper $4 \times 5 = 20$ profils parabolique pour un capteur de 2 m².



§ 3) LA CAISSE DE TRANSPORT ET DE RANGEMENT DES MIROIRS

Il s'agit ici de dessiner une caisse en contreplaqué pour stocker et éventuellement transporter les miroirs.

Contenance prévue pour 4 miroirs, reposant sur des tubes 20*20*2, disposés sur des crémaillères.

Dimensions intérieures:

Longueur: Longueur de la corde RiveNord-Rive Sud, plus deux fois 20 mm de jeu, plus deux fois 30 mm pour les butoirs Les butoirs limitent les déplacements des miroirs lors du transport ou de la manutention de la caisse.

Largeur: largeur miroirs plus deux fois 20 mm de jeu plus deux fois l'épaisseur des tasseaux d'assemblage

Hauteur: laisser une marge de 20 mm environ en haut et en bas.

Matériaux:

-contreplaqué ep 12 mm (à défaut: 10 mm), qualité "extérieur" (c'est à dire dont le collage résiste à la pluie); La longévité du contreplaqué "Okoumé" est supérieure à celle du contreplaqué "Résineux" (appelé aussi "Contreplaqué qualité Emballage", ou "Coffrage").

Quantité de contreplaqué: une feuille 2.50 *1.22 ou 1.25, plus le couvercle

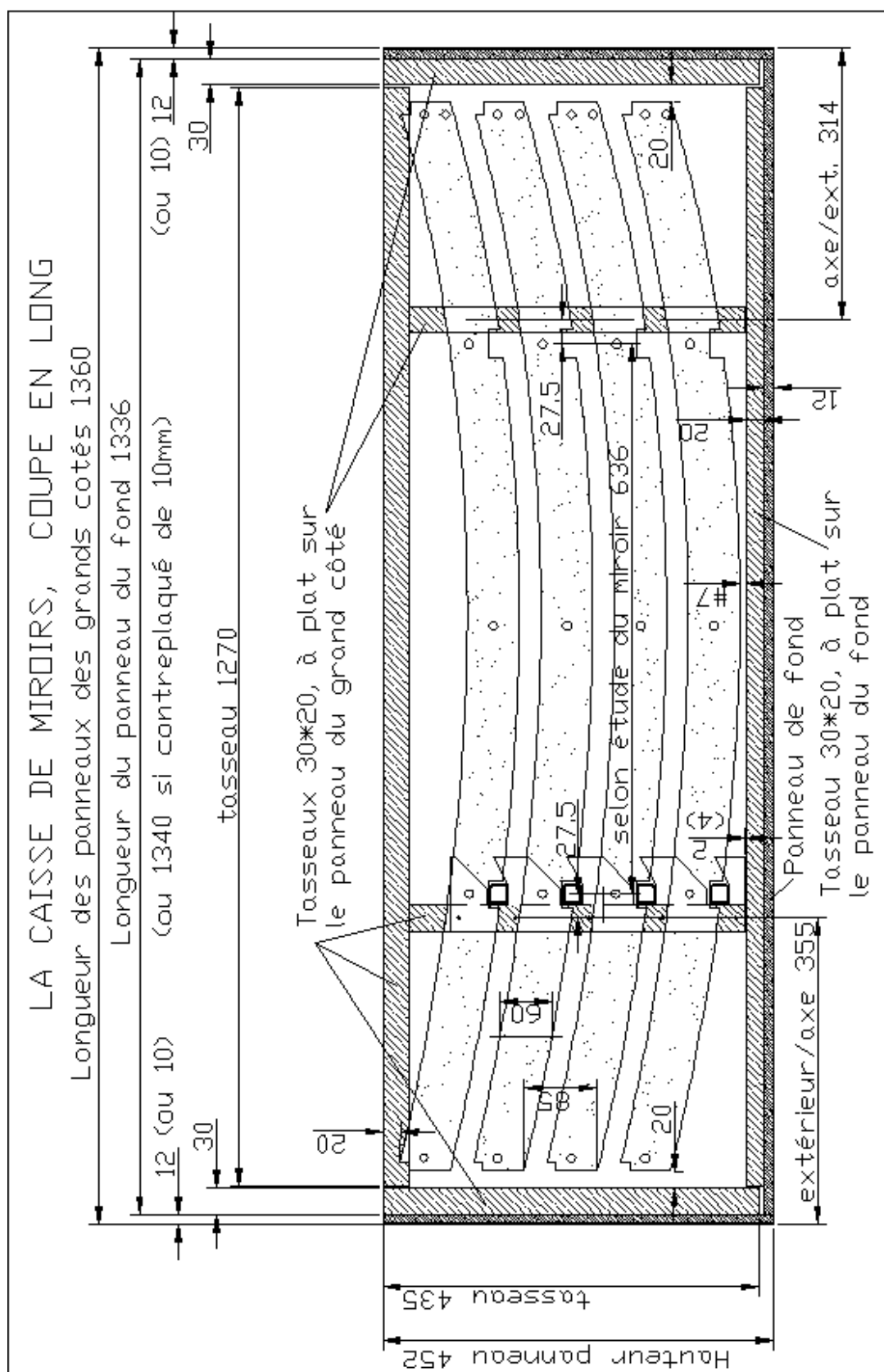
- tasseaux d'assemblage: section 30*20, rabotés ou bruts, éventuellement délignés dans des planches de 20 ou 30 mm. Les tasseaux peuvent être en toutes longueurs; prévoir cependant des tasseaux d'un seul tenant pour le bord supérieur des grands côtés. Le cas échéant, traiter les tasseaux.

- crémaillères: par exemple en tôle 0.75 mm (même matériau que le support des miroirs et que les capots du Concentrateur.), ou en tôle identique à celle des profils paraboliques des miroirs

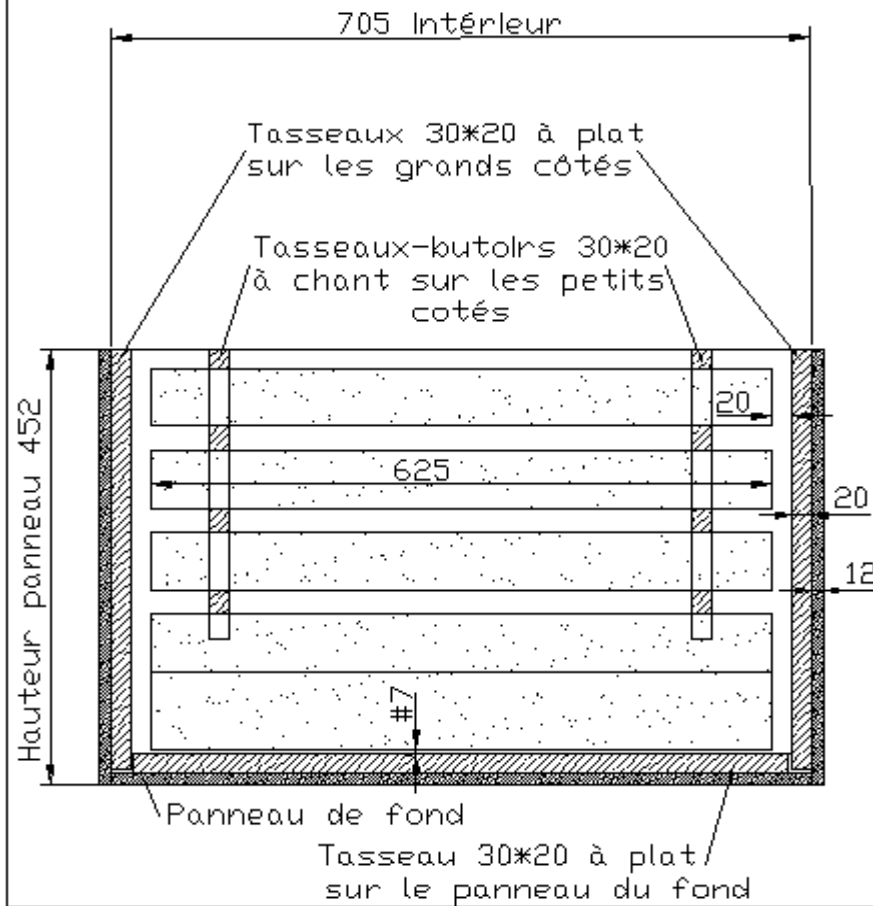
- patins de protection contre l'humidité: en bois "traité à cœur", section 60*30 ou plus, selon approvisionnement.

Deux roues de brouette et une petite place à l'abri seraient bien préférables

- peinture ou lasure.



LA CAISSE DE MIROIRS COUPE EN TRAVERS



Section III -ETUDE DU CONCENTRATEUR

En matière d'énergie solaire, le Concentrateur Parabolique Composé de Winston est utilisé en l'orientant directement vers le soleil. L'originalité du capteur Soleil-Vapeur réside dans l'utilisation d'un CPC en tant que second étage (c'est précisément cette disposition qui fait l'objet du brevet de Soleil-Vapeur du 10/10/96).

Les avantages apportés par le CPC sont multiples, et on ne saurait les hiérarchiser avec certitude

- il concentre le rayonnement solaire
- il redirige en un lieu précis des rayonnements parvenant, depuis la parabole du premier étage, sous des angles d'incidence différents
- il permet de confiner les calories à proximité de la chaudière tubulaire, et de rendre inutile un tube sous vide
- sa fonction "d'entonnoir à rayons" permet un suivi discontinu (donc manuel) de la course du soleil.

Le CPC de Winston est la clé de voûte du capteur.

Bâche de protection du CPC: dimensions 1,00 m x 2,20 m
à approvisionner dans un atelier de fabrication de baches
pour camions. Inutile alors de faire un ourlet. Installer des
oeuillets Ø 12 mm espacés de 20 cm

§ 1) PRESENTATION GENERALE

1 La théorie du CPC

Paradoxalement, au cours de cette étude on se souciera très peu des aspects théoriques du CPC; Les deux miroirs paraboliques du CPC sont en tôle d'aluminium anodisé (même matériau que le miroir du premier étage); La courbure définitive des miroirs sera réglée en fin de montage par des vis de serrage, en se vérifiant à l'aide d'un gabarit dont le mode de tracé est fourni au chapitre "Construction".

Là aussi, il s'agit d'une construction très rustique.

Pour le moment, et à titre d'illustration, on peut se contenter d'un dessin approximatif des miroirs du CPC, à l'aide de tracés d'ellipse d'Autocad

2) En pratique

Le Concentrateur, axé sur le plan bissecteur, est en deux éléments parfaitement symétriques, installés sur les faces Nord et Sud de la poutre

Les éléments sont des caissons en tôle d'acier 75/100ème laquée, d'un usage courant en bardage de bâtiments industriels. L'assemblage est réalisé à l'aide de rivets aveugles.

§ 2) LES TRACES PREALABLES

-Pupille d'entrée: en E et E', tracer deux traits d'épure tangents à la parabole du miroir en ce point, c'est à dire parallèles au plan bissecteur

- pupille de sortie: en S et S' tracer deux traits d'épure tangents à la parabole du miroir en ce point, c'est à dire formant un angle μ avec la pupille de sortie, calculé selon la formule

$\mu = \Pi/4 + (\text{Angle d'acceptance}/2)$, l'angle d'acceptance du CPC est fourni par le programme de conception, ici 31.1° . $\mu = (45 + (31.1/2)) = 60.55^\circ$

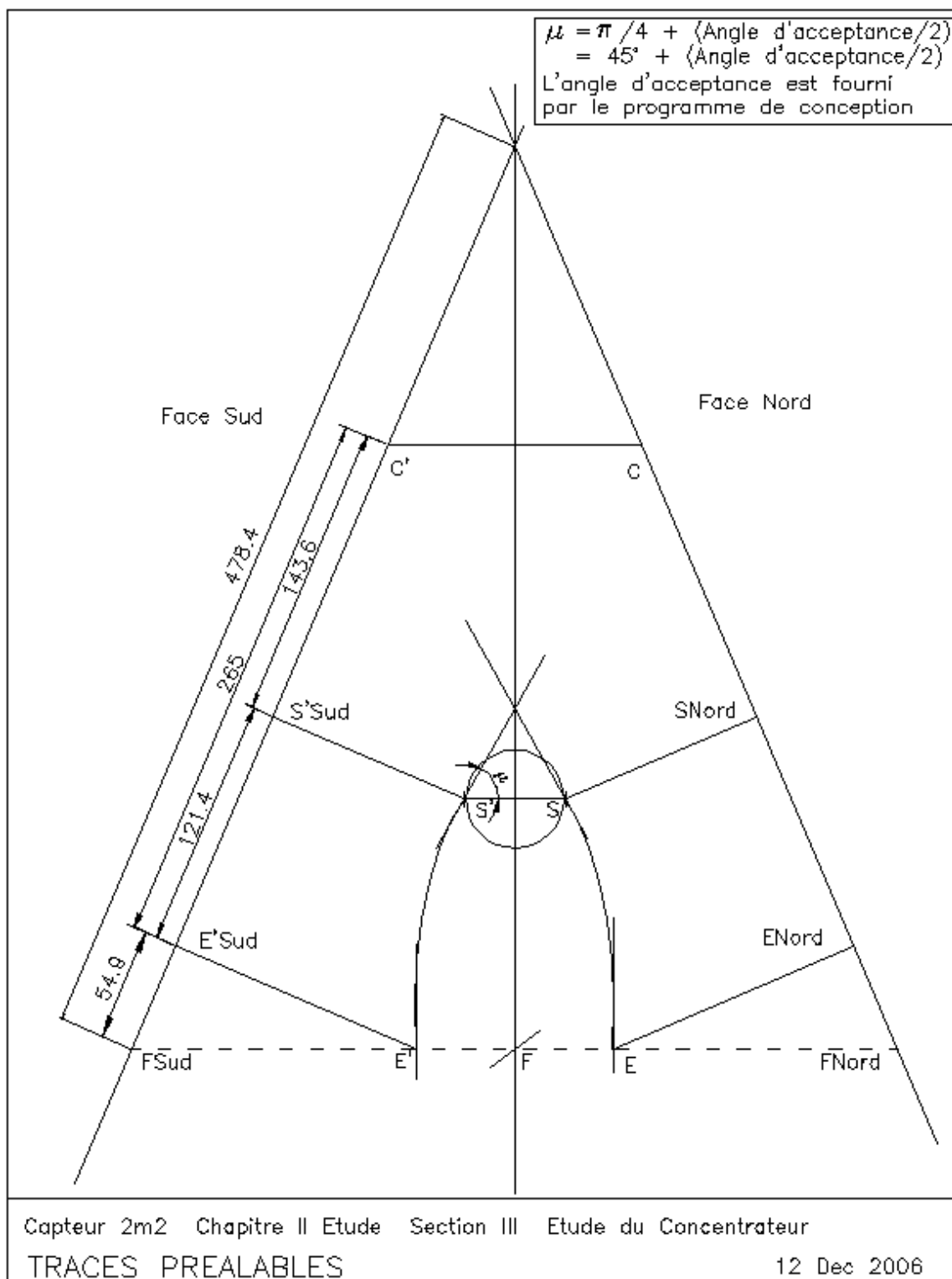
Rappel: la pupille de sortie est de 50 mm, alors que le diamètre de la chaudière est de 48 mm seulement: ne pas s'en formaliser; en pratique, après l'empilage des tôles, la chaudière reposera correctement sur la pupille de sortie.(Cf les études de conception)

Projeter S en SNord sur la façade Nord, et S' en S'Sud

Tracer la limite supérieure CC', en tenant compte

- de l'isolation;

- du colisage: prévoir SNord-C = ENord-SNord+20 mm , les 20 mm étant un minimum (cf plus bas); arrondir ensuite la cote



§ 3) LES COTATIONS

La notion de "dessin de précision" qui prévalait jusqu'à maintenant s'estompe quelque peu ici: le pliage des tôles (avec des rayons de courbure qui varient d'une plieuse à l'autre), les empilages de tôles, etc... font que, une fois les deux éléments du Concentrateur assemblés sur la poutre, la pupille de sortie se réduit subrepticement de 50 à 40 mm - ce qui conviendra parfaitement pour une chaudière diam 48 mm. Si besoin, on ajustera par quelques cales ou rondelles judicieusement placées (voir plus bas).pour parfaire l'écartement de la pupille au regard de la chaudière. Quant au fonctionnement théorique du CPC, on s'aperçoit, après schémas, qu'il n'en est pas perturbé notablement.

1 Cotation des distances

Sur le plan des Tracés Préalables, relever les distances entre

E' - E'Sud =

E'Sud - C' =

E'Sud - S' Sud =

S' - S'Sud =

C - C' =

FSud - E'Sud =

La cote FSud -E'Sud permettra de positionner les éléments du second étage sur la poutre

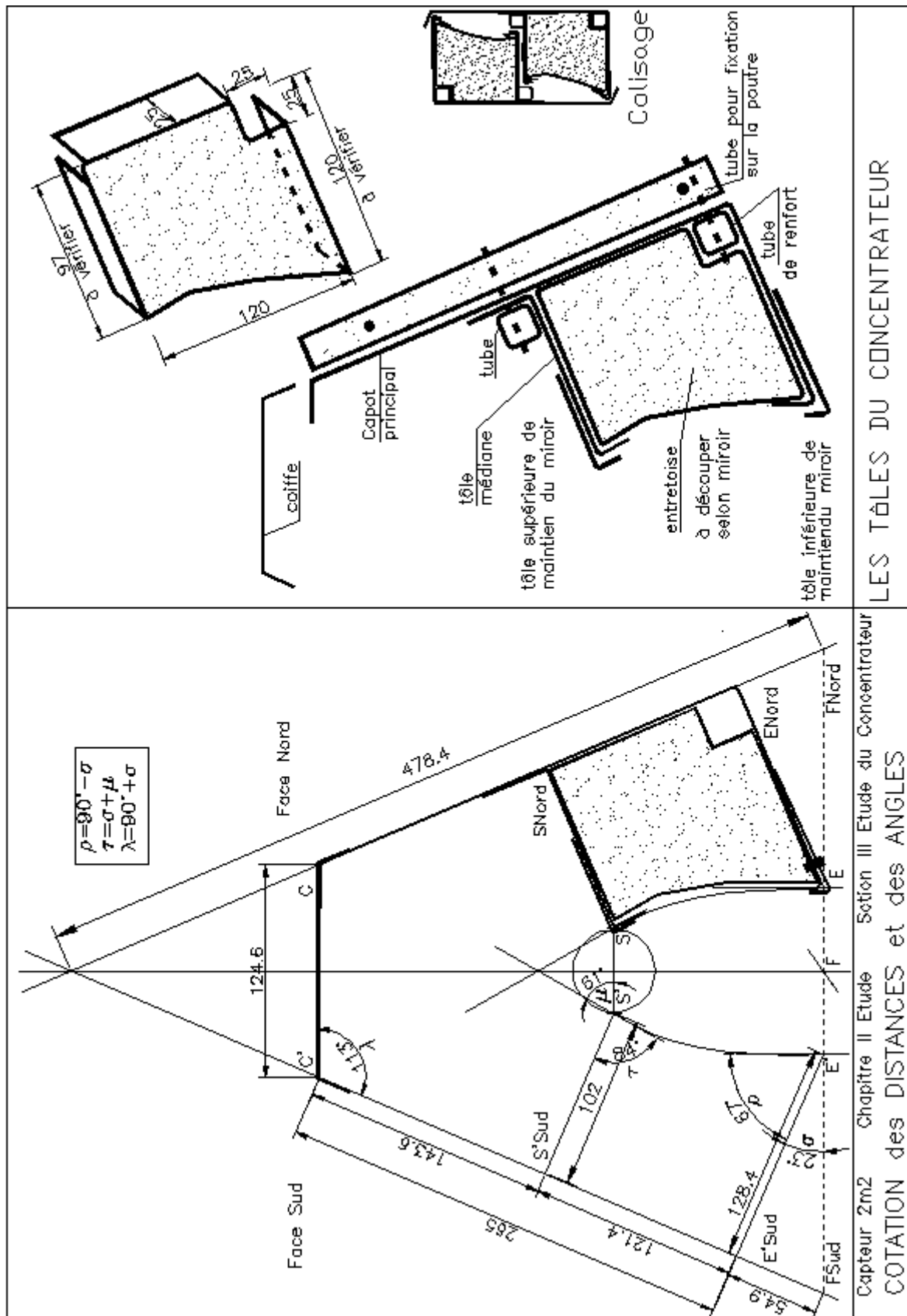
2- Cotation des angles

- Relever l'angle σ (FSud-E'-E'Sud), et vérifier qu'il est égal à F-Pointe Zénith-FNord

- $\rho = 90^\circ - \sigma$

- En S relever l'angle τ et vérifier que $\tau = \sigma + \mu$

- En C, relever $\lambda = 90^\circ + \sigma$



§ 4) LES TOLES DU CONCENTRATEUR

Chacun des deux caissons du Concentrateur comporte

- un capot principal
 - une tôle médiane
 - des entretoises
 - deux tôles de fixation du miroir: une tôle supérieure et une tôle inférieure,
 - une coiffe reliant les deux éléments
- . On arrondira prudemment les cotes au millimètre inférieur, pour ne pas renforcer l'effet d'empilement., notamment pour la hauteur de l'entretoise .

1- le capot principal

Il relie les points E,ENord et C

En E, dessiner un retour de # 25 mm, parallèle au trait d'épure, contre lequel viendra s'adosser le miroir du CPC.

En C, dessiner un retour de #25 mm, parallèle à la coiffe supérieure, (Un pli à angle droit conviendrait aussi, mais serait peut-être une gêne pour colisage.)

Les retours participent à la rigidité générale du capot principal; la dimension des uns dépend un peu de celle de l'autre.

2- la tôle médiane

En forme de "Z", elle relie les points S et SNord

En S, le retour de 20 mm parallèle à la tangente de la parabole tracée au § précédent, recevra le bord supérieur du miroir

En SNord, dessiner un retour de 40 mm (afin de laisser place au tube longitudinal de renfort, sans chevauchement des rivets)

3.- les entretoises, espacées de 15 cm environ,, relient le capot principal et la tôle médiane

4 - Les tôles de maintien du miroir

- *tôle supérieure*: son angle de pli est identique à celui de la tôle médiane en ce point. Largeur 60 mm, retour 15 mm (à retailler ultérieurement, voir plus bas) La tôle supérieure est fixée par deux rangées de rivets

- *tôle inférieure*: son angle de pli est identique à celui du capot principal en ce point Largeur 80 mm, retour 12 mm. La tôle inférieure n'est fixée que par une rangée de vis engagée dans des écrous à sertir fixés sur le capot principal (voir la description des écrous à sertir au chapitre "Construction")

C'est en serrant plus ou moins ces vis que, muni d'un gabarit, on règle la courbure du miroir du CPC.

5 La coiffe

Elle relie les deux éléments; des retours de 15 mm à 20 mm sont suffisants; La cote CC' peut être franchement réduite de quelques millimètres: le haut des capots est souple, la poutre ne l'est pas; en pratique, on peut aussi former la coiffe après montage du Concentrateur

Vérification du colisage: pour faciliter le colisage et le transport du second étage, il serait intéressant de pouvoir les assembler selon le schéma ci joint. Le ,colisage sera à vérifier à nouveau après installation des tubes de renfort.

Les tôles: matériau et façonnage

Le matériau utilisé pour le Concentrateur est la tôle 75/100èmes laquée, dite "tôle plane de bardage" identique à celui utilisé en support de la tôle réfléchissante des miroirs du premier étage. On trouve usuellement ce matériau chez les fournisseurs de bardage pour bâtiments industriels, qui souvent disposent de plieuses en grande longueur. pour confectionner à la demande bavettes, capots, retours d'angle etc..

La tôle type "alu-zinc" ou autre, couramment disponible en atelier de tôlerie fine, n'a pas de tenue aux intempéries, et les ateliers de tôlerie fine travaillent assez rarement la tôle laquée.

Compte tenu des profils des tôles du Concentrateur, une plieuse dite "en l'air" est nécessaire, les "Vés" de certaines plieuses ne permettant pas toujours d'effectuer le travail: se renseigner préalablement.

-précisions de pliage: il faut distinguer sur les plans les cotes impératives, et celles qui le sont beaucoup moins, (comme par exemple la dimension des retours) afin d'éviter des exigences inutiles vis à vis du plieur, et de se rapprocher des habitudes de travail en matière de pliage de tôles de bardage (le prix en dépend...). Certains angles (comme par exemple l'angle droit du capot principal) prennent obligatoirement leur cote définitive lors de l'assemblage.

Rayon de courbure des plis: il serait souhaitable qu'un tube 20*20ep 2 s'appuie correctement sur les deux faces d'un pli de tôle à 90° - mais on n'aura probablement pas grand choix.

Selon le type de plieuse, et pour des raisons de sécurité du travail, le plieur peut imposer une dimension minimum pour les retours, auquel cas les retours seront retaillés ultérieurement à la petite tronçonneuse portative.

A savoir également: s'il est nécessaire de transporter une ou deux tôles d'un fournisseur à un plieur, il est toujours possible de les rouler et de les transporter dans un véhicule break, pour peu que l'on aie sous la main de la cordelette et/ou un rouleau d'adhésif pour emballage.

Si on peut faire plier les tôles en 2500 ou 3000, on utilisera les surlongueurs pour faire quelques petits tronçons de Concentrateur à titre de galop d'essai.

Si on dispose d'une plieuse en 1.00 m on peut faire des tronçons de 1.00m, il n'est que d'adapter l'installation sur la poutre.

Au sujet des petites tôles entretoises:

on se place ici dans le cadre d'une construction à l'unité, et sans disposer de cisaille ni de plieuse en grande longueur.

Le pliage d'éléments en grande longueurs chez un fournisseur de bardage est un travail courant; par contre la confection de petits éléments relève pratiquement d'un autre "corps de métier". Concernant les petites entretoises il paraît judicieux de faire plier des éléments en grande longueur, avec les retours supérieurs et inférieurs, et de débiter ensuite cette tôle manuellement à la cisaille à main et/ou à la scie sauteuse. On peut ensuite effectuer le dernier pli à l'étau, entre deux cornières. C'est une solution d'autant plus sage que les cotes de longueur des entretoises sont à vérifier lors du montage.

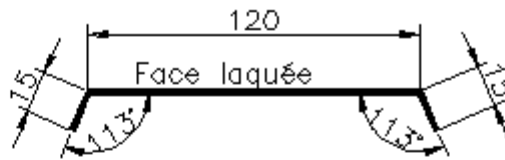
C'est cette solution qui a été retenue ci dessous pour le schéma de pliage des tôles du concentrateur, qui peut faire office de bon de commande auprès du plieur.

PLIAGE DE BAVETTES

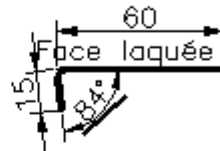
Tôle laquée 75/100èmes bleu foncé (à défaut: toute autre couleur foncée.)

Les cotes soulignées sont impératives

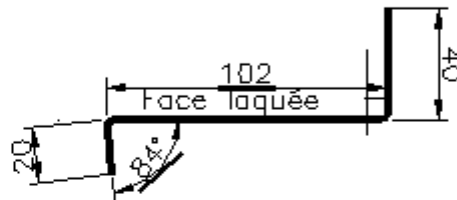
Un élément
Longueur 2000



Deux éléments
Longueur 2000



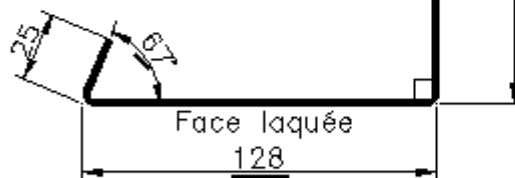
Deux éléments
Longueur 2000



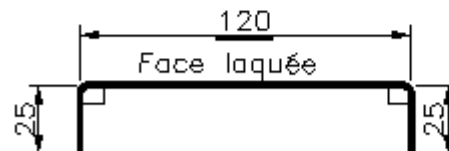
Deux éléments
Longueur 2000



Deux éléments
Longueur 2000



Eléments en toutes longueurs
Longueur cumulée mini: 5000



Si certains retours sont trop petits pour la plieuse,
augmenter la cote autant que besoin, la tôle sera
ensuite retaillée à la tronçonneuse.

Capteur 2m2 Chapitre II Etude Section II Etude de Concentrateur
PLIAGE DES TOLES DU CONCENTRATEUR

§ 5) LA DISPOSITION EN LONGUEUR DES ELEMENTS du Concentrateur

Cf Schéma

Le capot principal et la coiffe débordent quelque peu du miroir (ici: 25 mm de part et d'autre).

Longueur du capot principal: 2000

Longueur du miroir: 1950

Longueur de la chaudière: 1870 mm, soit une marge de 40 mm à chaque extrémité, pour l'isolation

Les extrémités sur CPC seront fermées par une tôle trapézoïdale à découper à la demande, maintenue par des vis à têtes sur les entretoises d'extrémité. La limite inférieure des tôles de fermeture correspond à la droite F_{Nord} - F_{Sud} ; leur rôle de coupe-vent est important

§ 6) LES TUBES DE RENFORT ET DE FIXATION

Tubes de renfort, longitudinaux: disposés horizontalement à l'intérieur du capot principal, ils servent de renfort ; section 20*20 (d'où la nécessité d'un retour de 40 mm pour la tôle médiane, afin d'éviter le chevauchement des rivets sur le tube)

Dans le cas d'un capteur à travées multiples, les tubes longitudinaux pourraient servir à emboîter les éléments successifs d'une travée à l'autre, après installation de fourrures (fourrures en fer à béton Ø 16 lisse ?)

Tubes de fixation, disposés verticalement à l'extérieur du capot, perpendiculairement aux précédents et boulonnés sur eux . Ils servent à l'arrimage du CPC sur la poutre; à chaque montant de poutre correspond un tube transversal. Leur section est identique à celle des montants Nord et Sud de la poutre (ici: 25*25).

Leur liaison avec la poutre s'effectue par deux broches Ø 5 mm pour chaque tube (des grosses pointes de charpentier dite "pointes de 110" font très bien l'affaire). Percements Ø 6.1 mm.

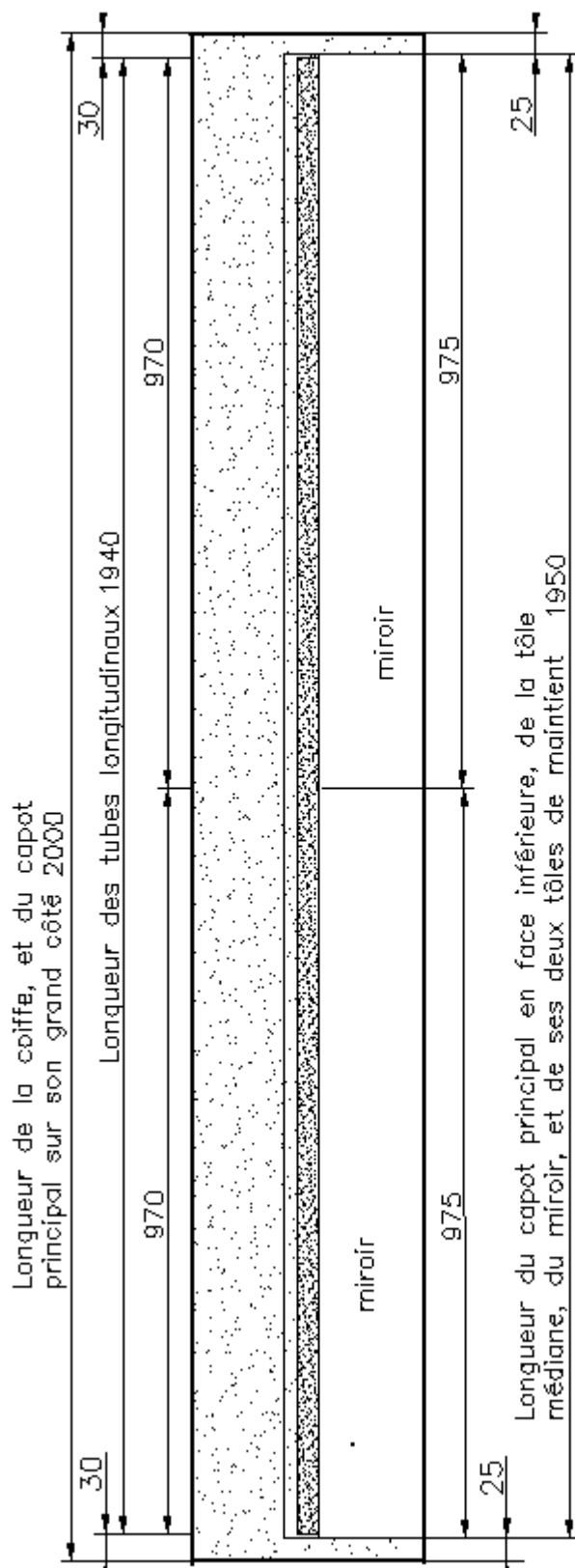
Leur liaison avec les tubes longitudinaux s'effectue par boulonnage, après contre-perçage lors du montage: il est donc préférable d'installer l'extrémité inférieure des tubes de fixation en alignement avec la face inférieure du capot principal.

L'implantation des percements pour brochage, et la longueur des tubes de fixations, sont disposées de façon à obtenir une pièce symétrique, pour faciliter le montage

Le foyer F de la parabole, où viendront converger les rayons réfléchis par le miroir principal, se situe au milieu de la droite F_{Nord} - F_{Sud} . Sur les montants de la poutre, les points F_{Nord} et F_{Sud} sont matérialisés par des percements qui servent uniquement de points de repères, à toutes fins utiles.

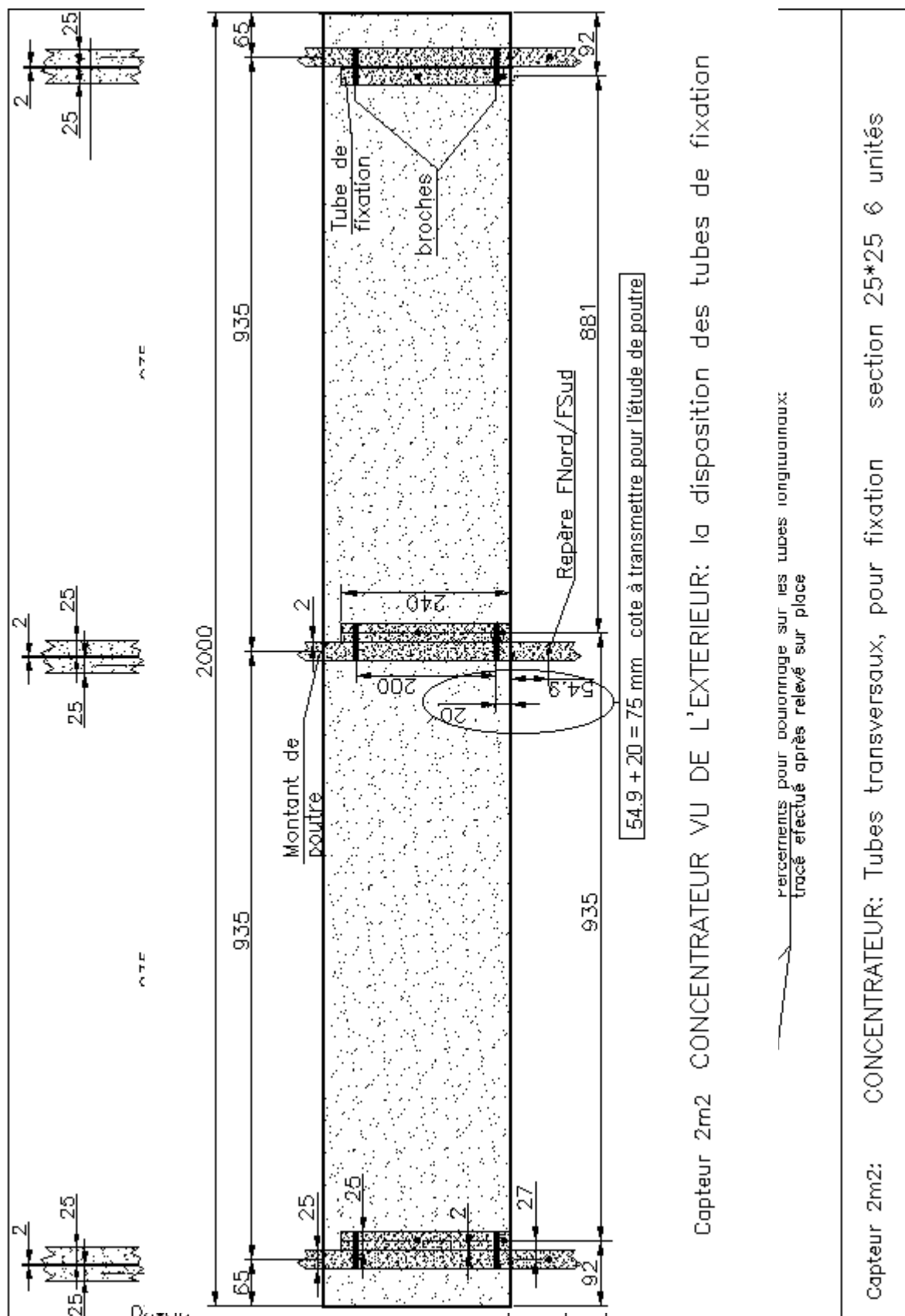
On retrouvera également sur les montants de la poutre les percements pour broches, cotés par rapport aux points F_{Nord} et F_{Sud} , et qui serviront à l'installation du Concentrateur.

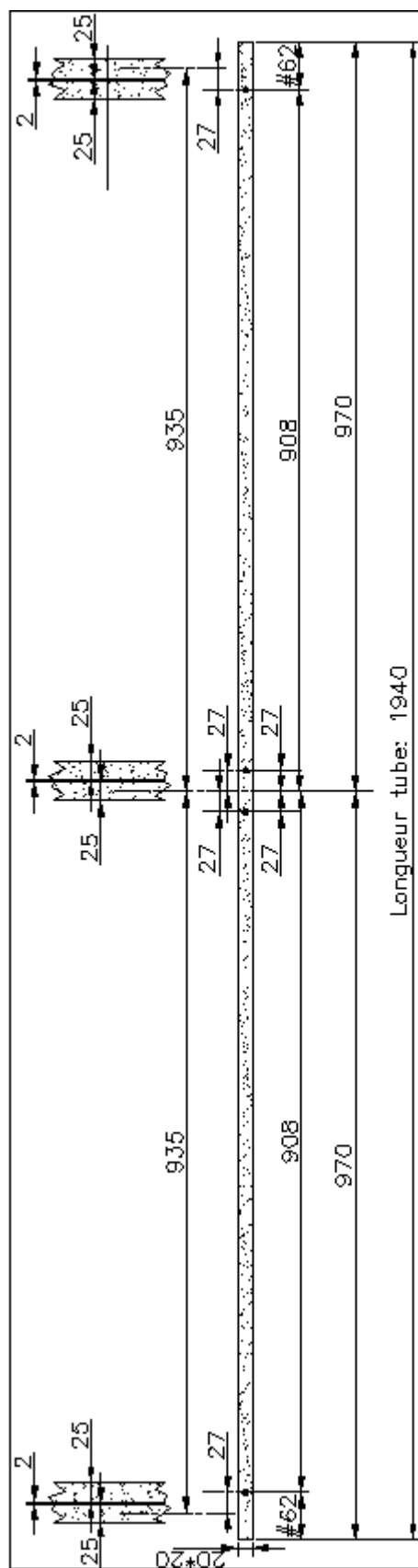
Après installation des deux caissons du Concentrateur sur la poutre, si la pupille de sortie est supérieure à 45 mm (c'est à dire: si elle ne peut pas supporter correctement la chaudière), on peut installer des rondelles d'épaisseur entre le concentrateur et les tubes de fixation, afin de réduire la pupille de sortie.



Capteur 2m2

CONCENTRATEUR VU DE L'INTERIEUR: la disposition en longueur des différents éléments



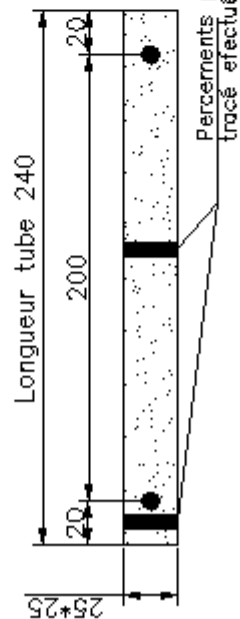


Perçements Ø 6.1

Au milieu du tube, un seul percement évite une éventuelle erreur de montage

Toutes les consignes relatives à la "Construction" de la poutre sont également valables ici, notamment: le débord des tracés, et le repérage de la soudure

Captur 2m2:	CONCENTRATEUR	Tubes longitudinaux	section 20*20	4 Unités
-------------	---------------	---------------------	---------------	----------



Tous parlements 0 6.1

Perçements pour boulonnage sur les tubes longitudinaux:
tracé effectué après relevé sur place

Capteur 2m2: CONCENTRATEUR: Tubes transversaux, pour fixation section 25*25 6 unités

SECTION IV ETUDE DE LA POUTRE

§ 1) PRESENTATION GENERALE DE LA POUTRE

A) DESCRIPTION

Voir photos, schéma et maquette

Transversalement, la poutre a une forme de triangle: en bas, la traverse Nadir, puis les montants Nord et Sud

Longitudinalement, trois longerons relient les triangles transversaux par leurs pointes: longeron Nord, longeron Sud, et longeron Zénith.

Des diagonales raidissent l'ensemble.

La liaison entre les tubes s'effectue par des platines en tôle boulonnées.

Les pannes, posées sur les traverses Nadir, supportent les miroirs. Le concentrateur est fixé sur les montants.

La poutre pivote sur son arête Sud. Elle est manœuvrée manuellement par un système vis-écrou installé sur l'arête Nord.

B) DIMENSIONS

Les travées:

l'entraxe des travées est quelque peu égal à la longueur focale, mais cette disposition n'a rien d'impératif: on peut donner à l'entraxe des travées n'importe quelle dimension, pourvu que l'on respecte dans les canons de la construction métallique tubulaire.

Il en est de même pour le nombre de travées, en tenant compte toutefois d'une bonne répartition des points d'articulation (arête Sud) et de manœuvre (arête Nord)

Par souci de standardisation des tubes d'un même capteur, la portée des élancements est égale à l'entraxe des travées.

Pour le capteur de 2m^2 , l'entraxe des travées a été fixé d'après les dimensions commerciales des tubes.

Les sections de tubes

Le tube de base est le tube "construction" galvanisé carré ep 2 mm (il serait possible d'utiliser des tubes ronds, mais alors l'alignement des percements est difficile à réaliser)

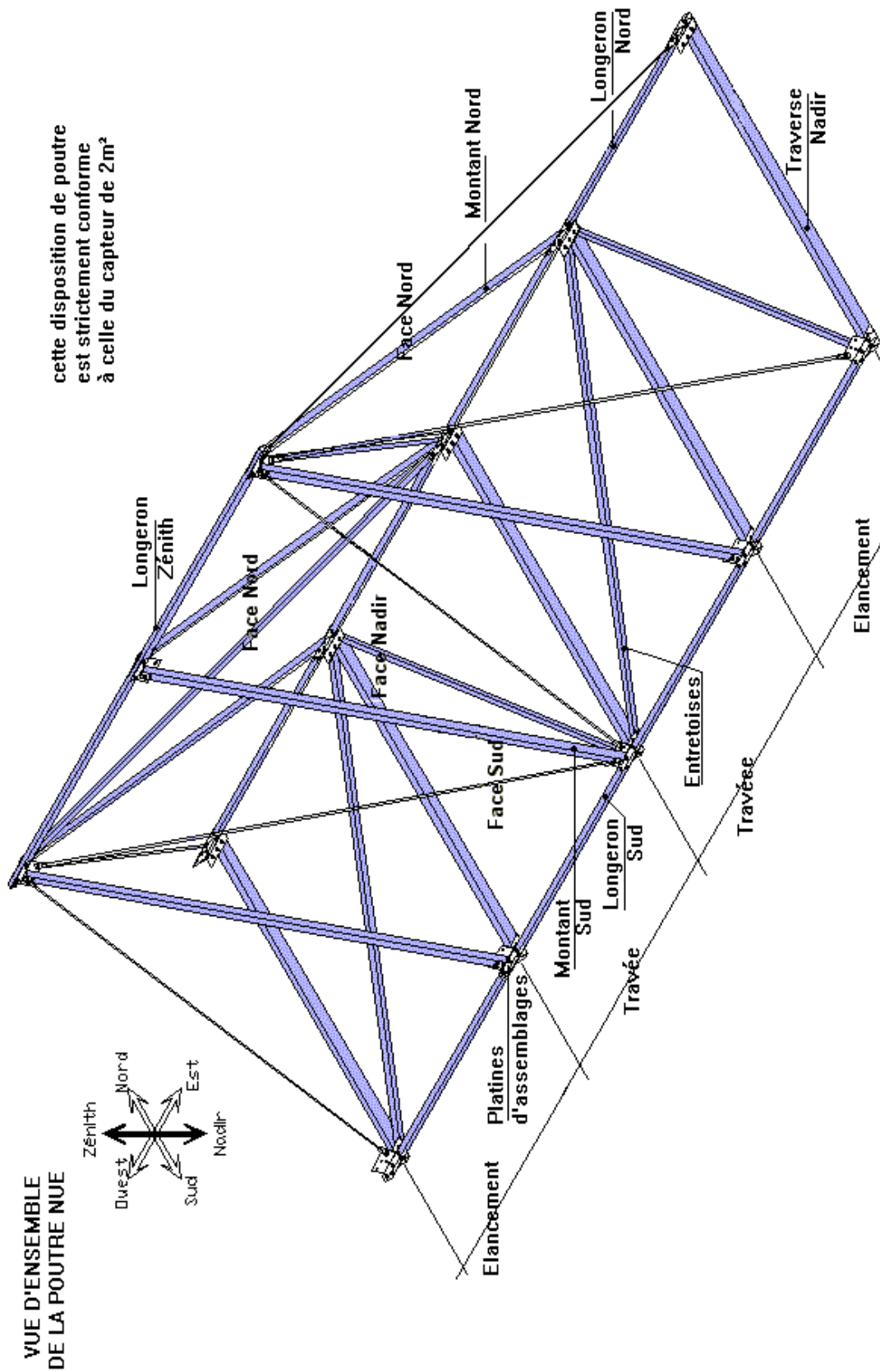
Les sections de tube ont été déterminées empiriquement.

Pour un capteur avec miroir de 1.25m, la "section de base" est le tube carré $25*25*2$ pour les montants et les longerons. Traverse Nadir: section $27*40$; diagonales tubulaires: section $20*20*2$; pannes: $30*30$

Pour un capteur avec miroir de 2.00m, la section "de base" est le tube $40*40*2$

Pour un capteur avec miroir de 2.50, la section "de base" est le tube $45*45*2$

Pour les diagonales, faut-il préférer un tube unique tirant-poussant, ou des tirants en croix ? entre les contraintes à l'utilisation (selon la latitude et la saison, la poutre est parfois "cabrée" en arrière), les exigences de la construction tubulaire, et les considérations d'esthétique, on a le choix entre de multiples solutions.



§ 2) LES PLATINES

A) MATERIAU ET CONFECTION

Matériau

Les platines sont en tôle d'acier galvanisé, à l'exclusion de la tôle d'aluminium dont les percements s'ovaliseraient en raison des mouvements de la poutre,
Pour le capteur de 2m²: tôle ép 1.5 mm

Confection:

Les platines peuvent être confectionnées comme les profils paraboliques, sur machine à commande numérique (eau/laser/poinçonneuse), mais une table d'usinage ou une fraiseuse automatique conviennent également très bien.

Auquel cas, la découpe et le pliage étant exécutés après percement, il est nécessaire de repérer par des petits percements les tracés des coupes et des plis.

Les cotes impératives sont les entraxes des percements, les cotes entre les percements et les bords de la platine sont moins importantes.

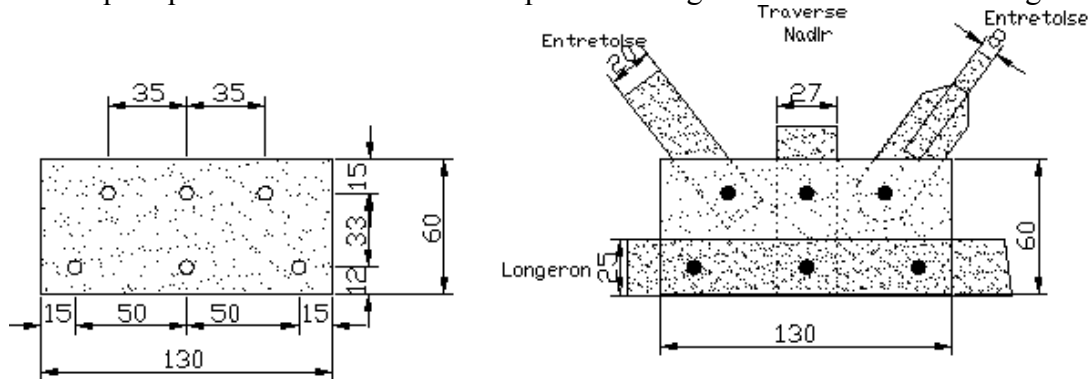
Percements: diam 6.1 pour boulons de 6 mm

B) SCHEMA DES PLATINES

Platines de la face Nadir

Les platines Nadir sont planes (pas de pli)

Remarquer que le bord "inférieur" de la platine est légèrement en retrait du longeron



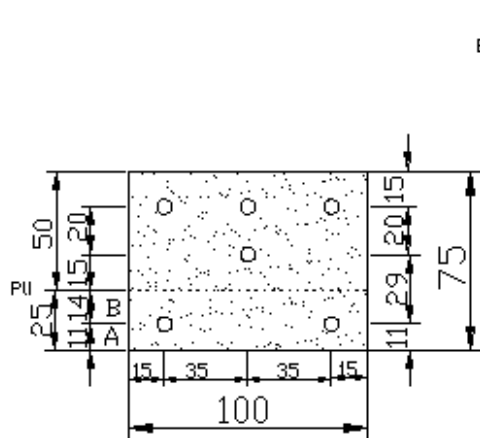
La Platine Nadir

La platine Nadir et la poutre

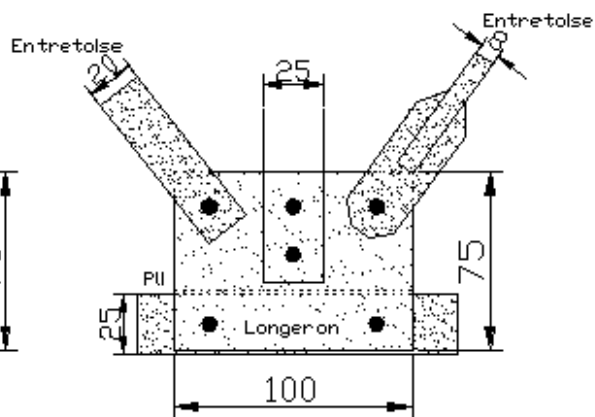
Toutes autres platines Les autres platines ont un pli; toutes leurs cotes sont communes, hormis l'angle du pli. Elles sont prévues pour recevoir éventuellement un montant de 30*30

Remarquer que, par précaution,

- le pli est installé quelque peu "au dessus" de l'encombrement du longeron (cote B = 14 mm)
- le bord "inférieur" de la platine est installé quelque peu en retrait du longeron (cote A = 11 mm)

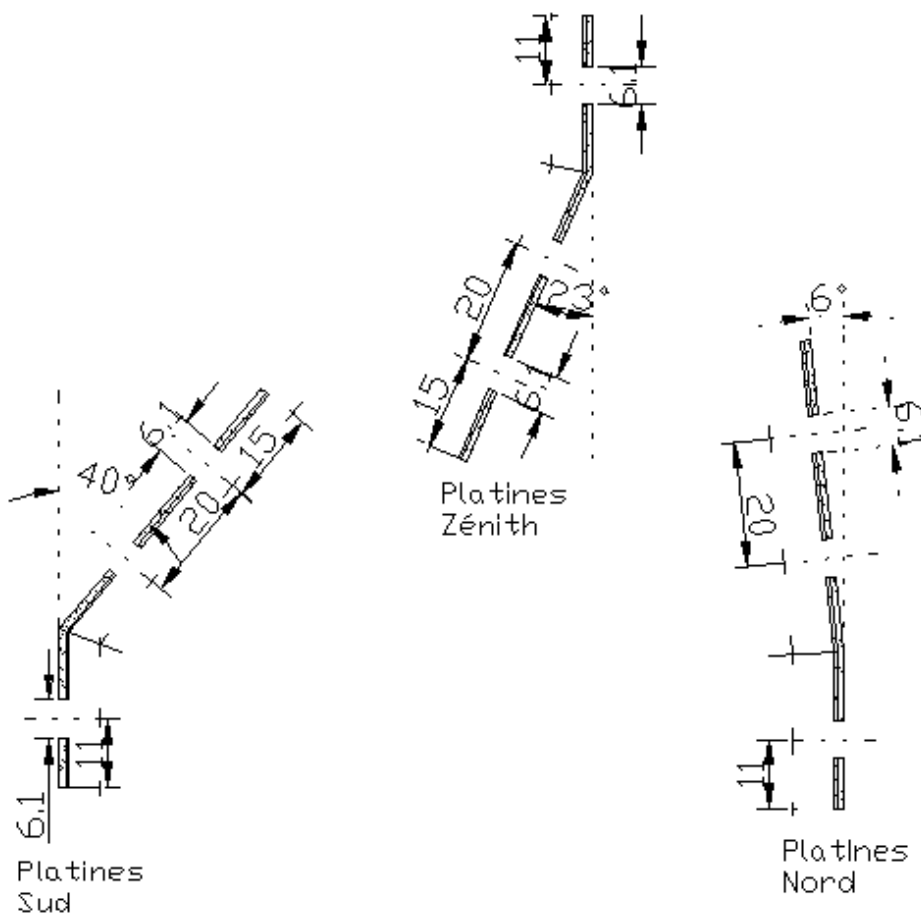


Autres platines



Assemblage avec la poutre

Pour dessiner le profil des platines après pliage, on considère que la fibre neutre est située aux deux tiers de la face extérieure du pli. Sur les vues de profil, les cotes A et B sont installées par rapport au pli de la fibre neutre, qui est la référence.



Lors de la fabrication, un écart de quelques degrés avec la cote théorique n'est pas bien grave, car les platines achèvent de se former lors du montage de la poutre.

§ 3) LES POINTES DE LA POUTRE vues en coupe

Les tubes et la poutre vue en coupe :

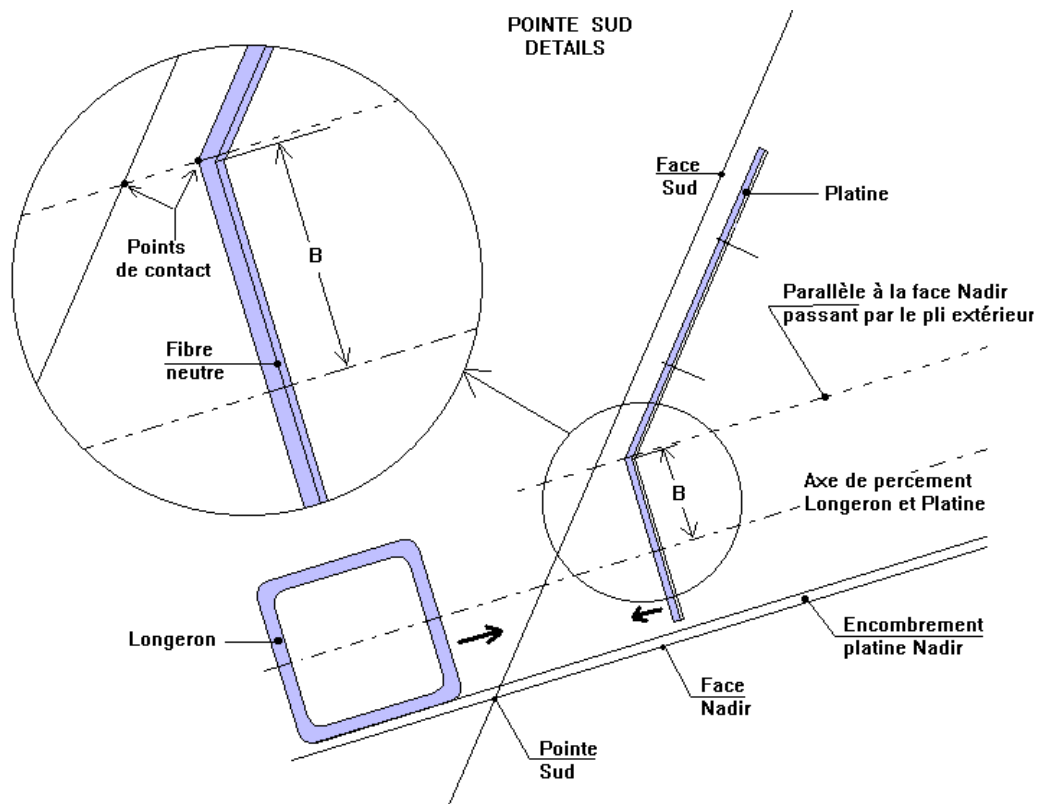
C'est la face intérieure des tubes qui correspond à la section libre de la poutre telle que définie lors des études de conception générale

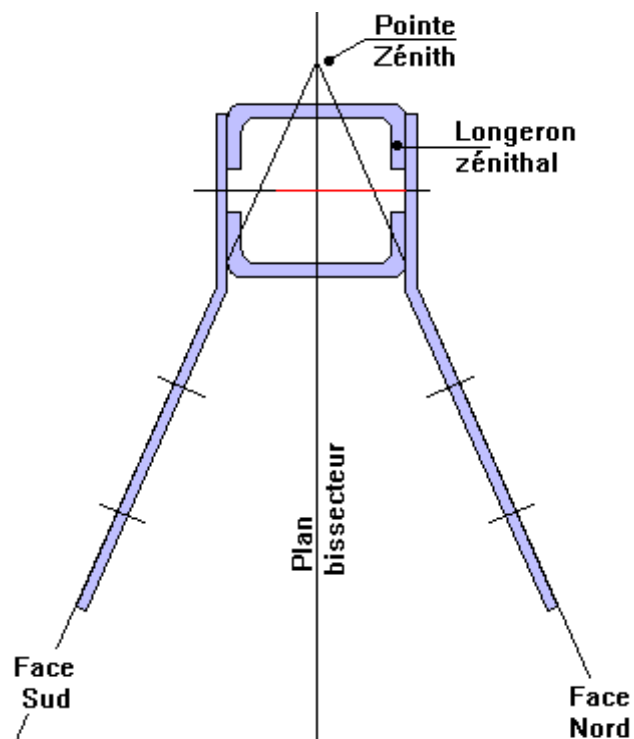
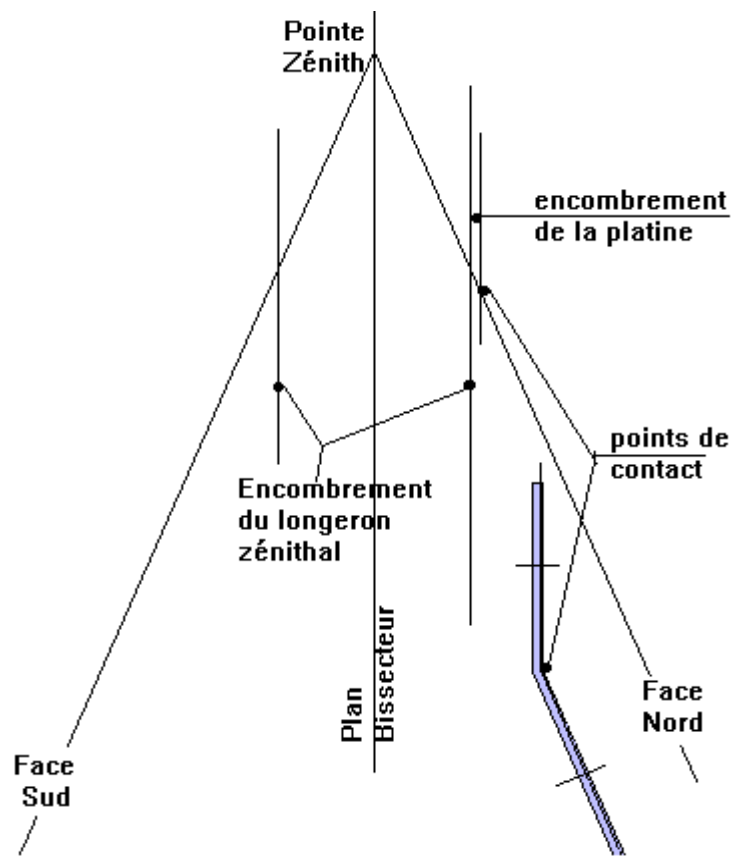
Les platines et la poutre

Bien que le pliage des platines ne requière pas une très grande précision, le dessin de leur installation sur la poutre (assez fastidieux) est néanmoins nécessaire pour déterminer les entraxes des percements de la traverse et des montants de la poutre

On retient ici aussi comme principe de pliage que la fibre neutre se trouve aux deux tiers de l'épaisseur de la platine, à partir de l'extérieur du pli.

Epaisseur de la platine, pour le capteur de 2m²: 1.5 mm

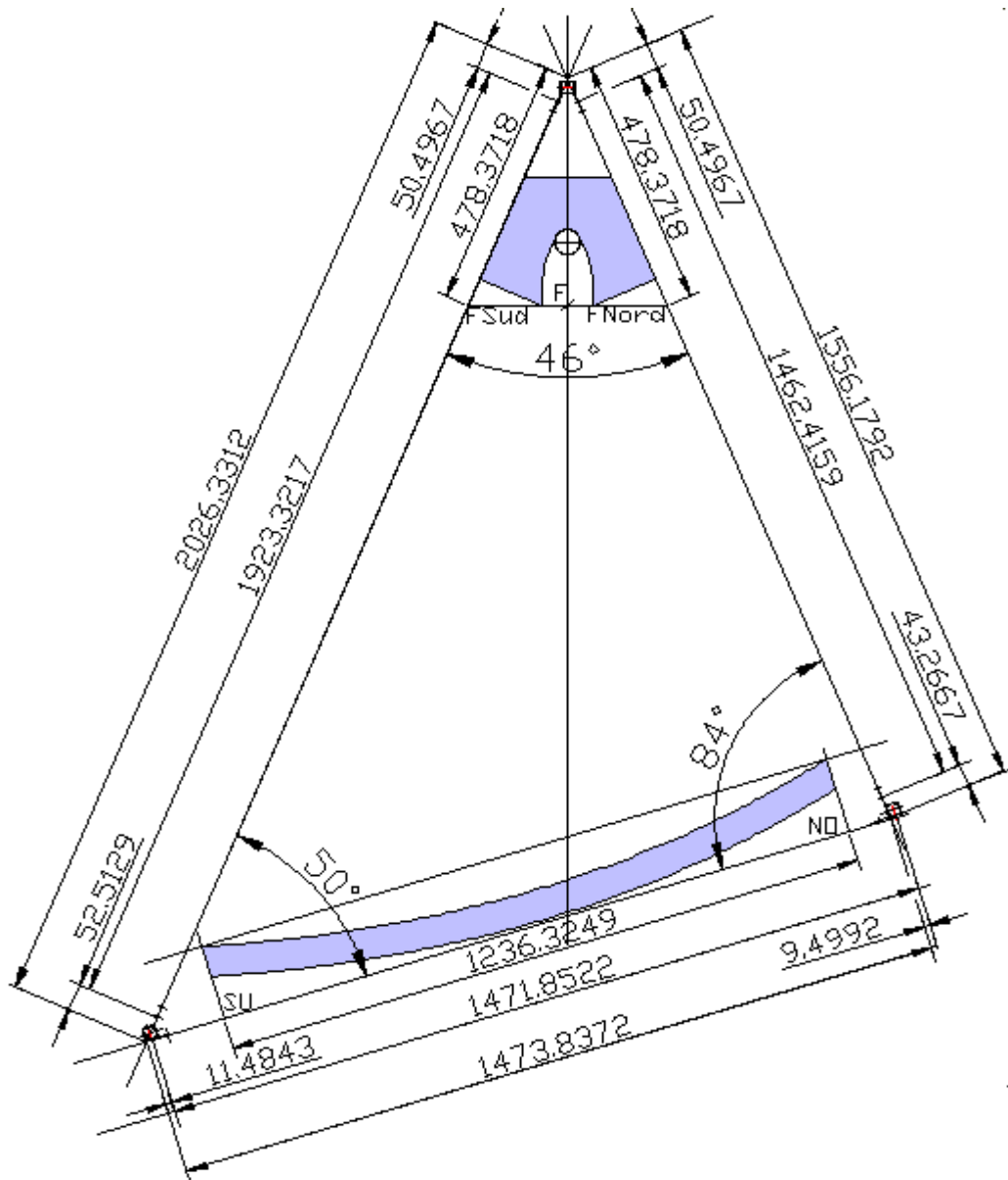


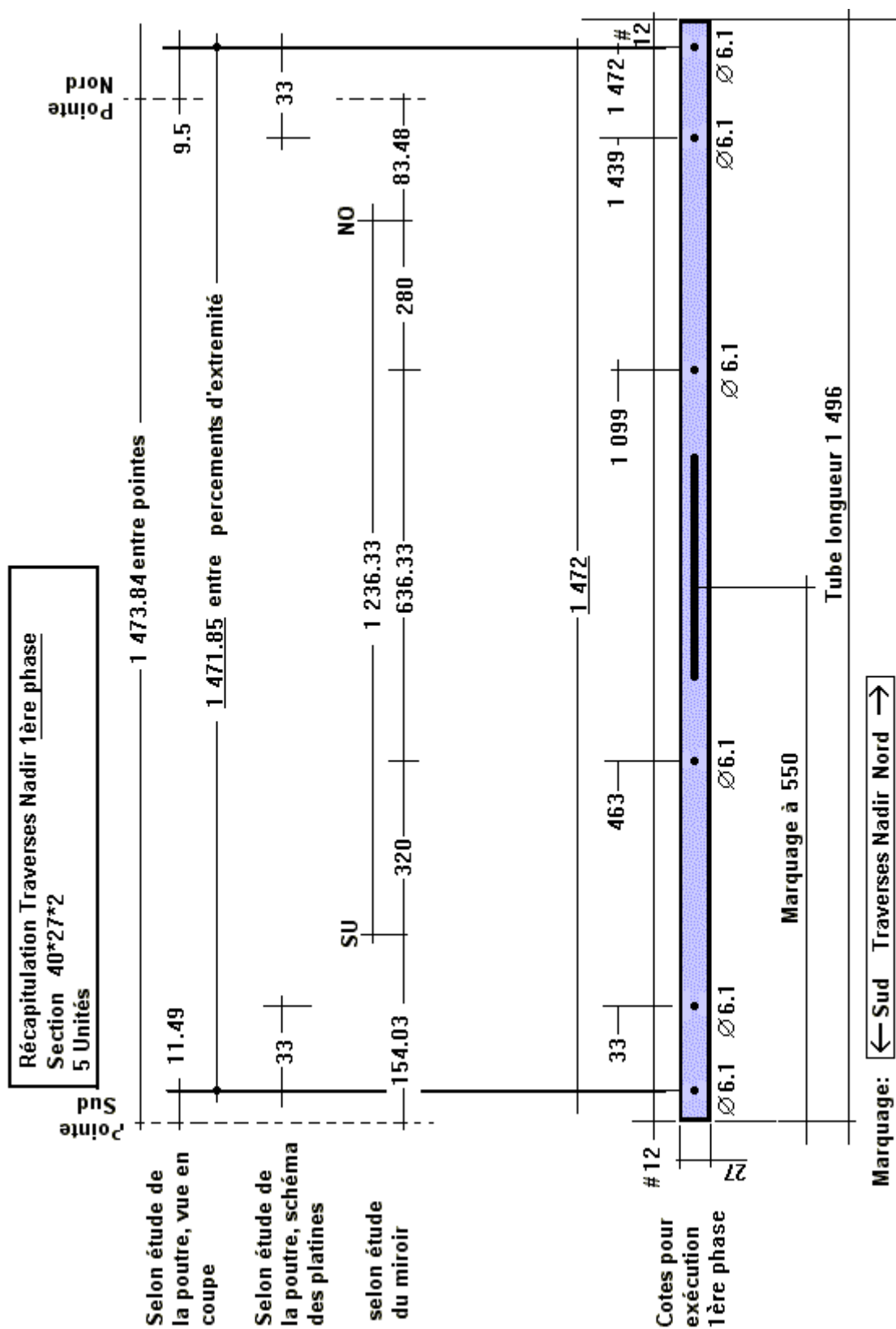


- la distance entre les percements d'extrémité et les pointes .

Ces cotes sont les points de repère pour l'étude de la traverse et des montants

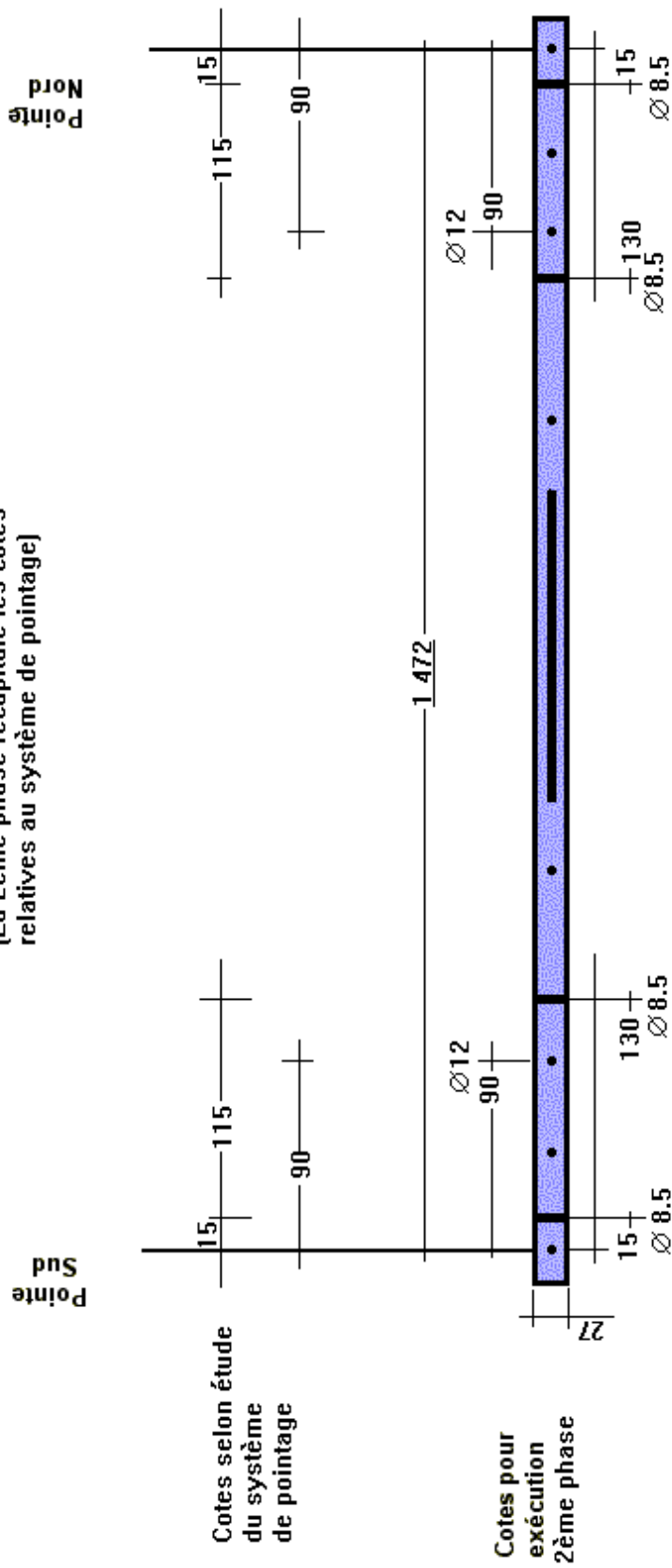
Attention à la prise de cotes aux pointes Nord et Sud. La contiguïté du bord de platine Nadir avec la pointe Sud n'est que coïncidence

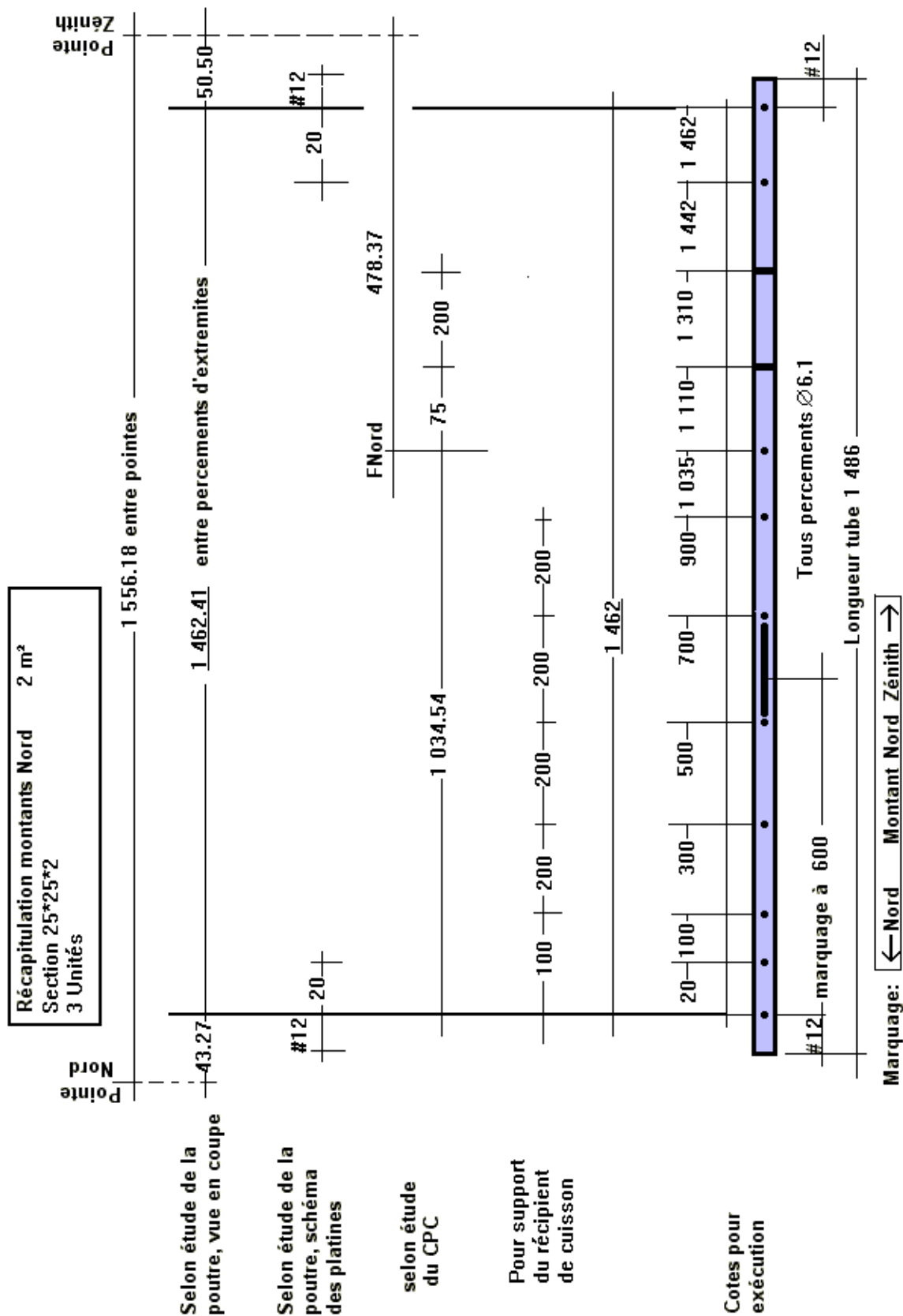




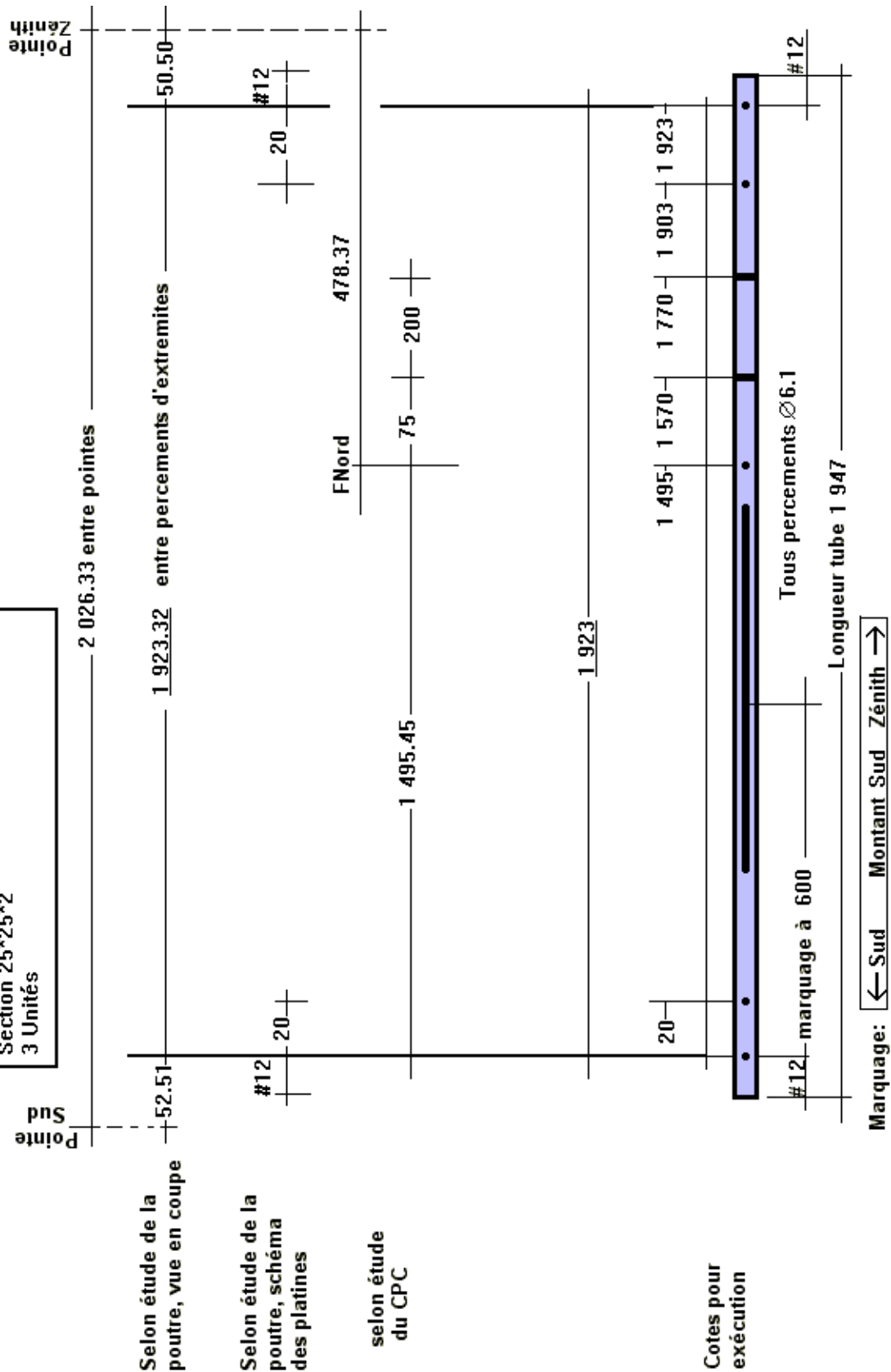
Récapitulations traversées Nadir 2ème phase
Section 40*27*2
5 Unités

(La 2ème phase récapitule les cotes
relatives au système de pointage)

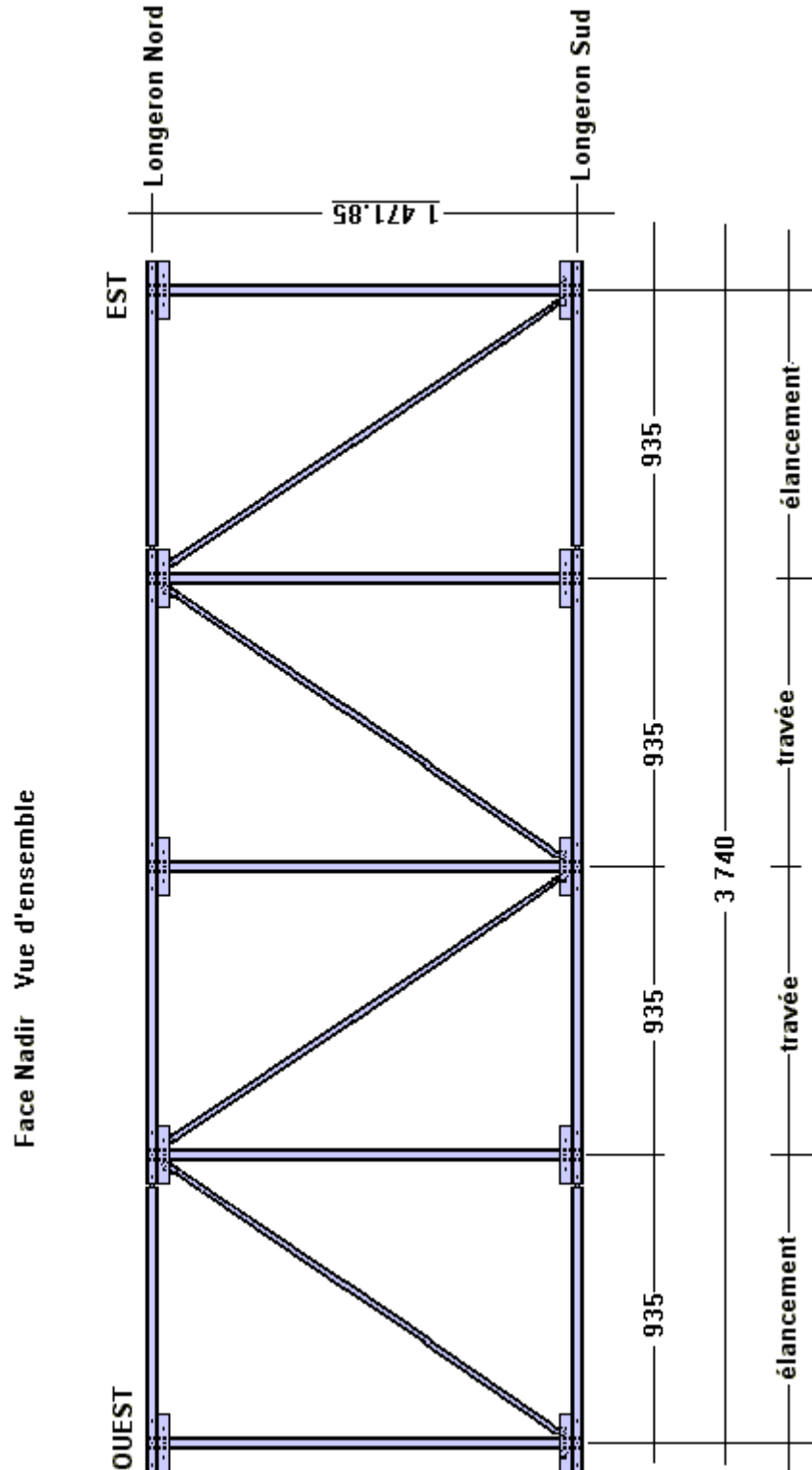




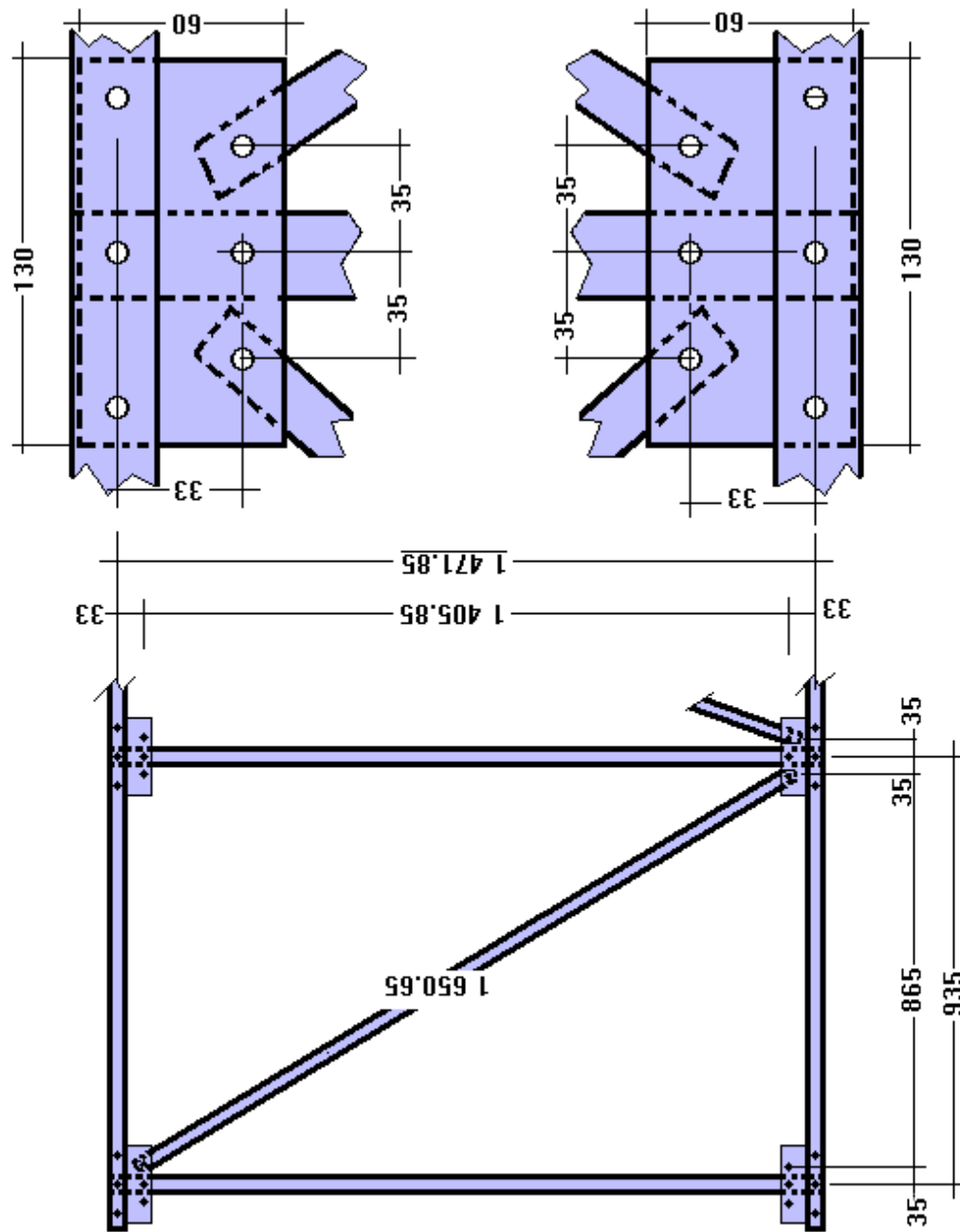
Récapitulation montants Sud 2 m²
 Section 25*25*2
 3 Unités



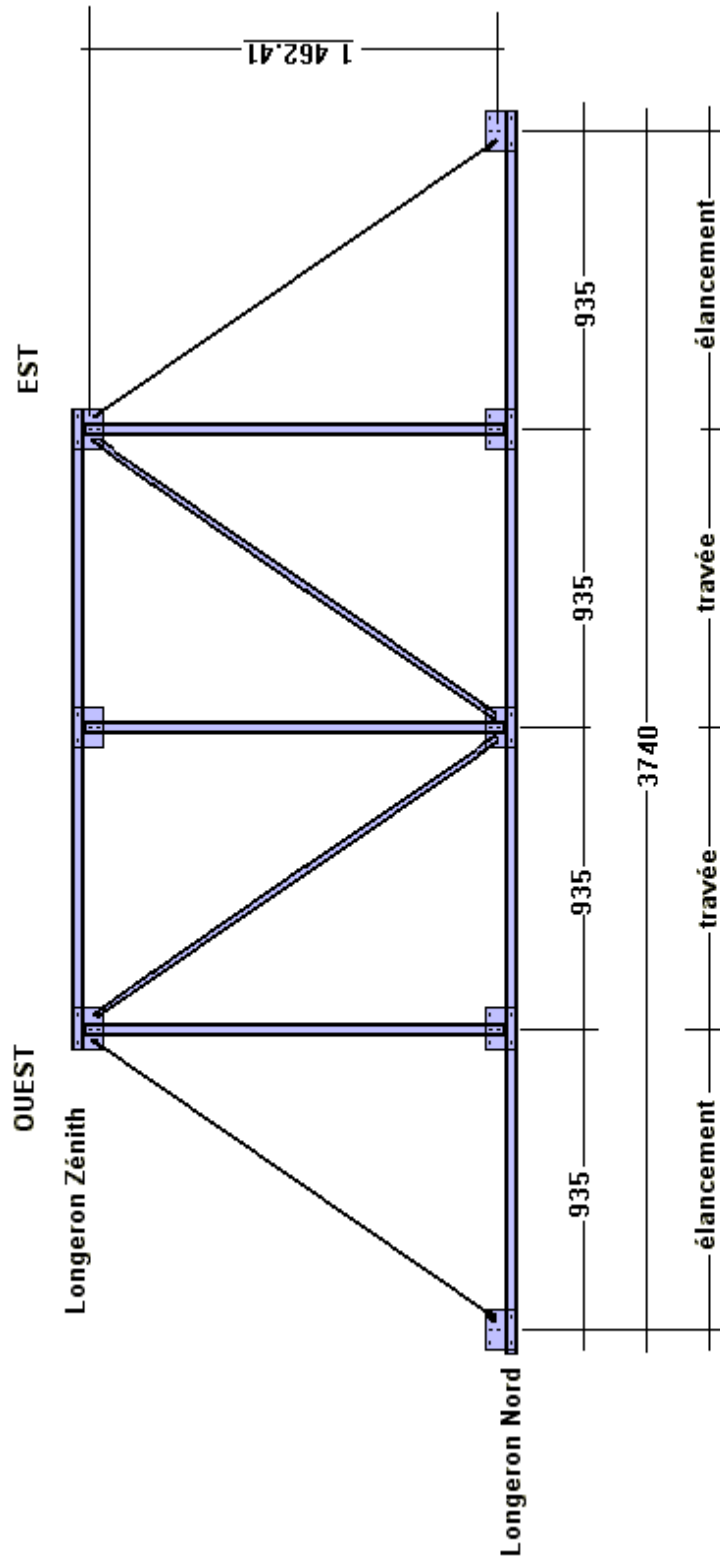
§ 5) LES FACES DE LA POUTRE

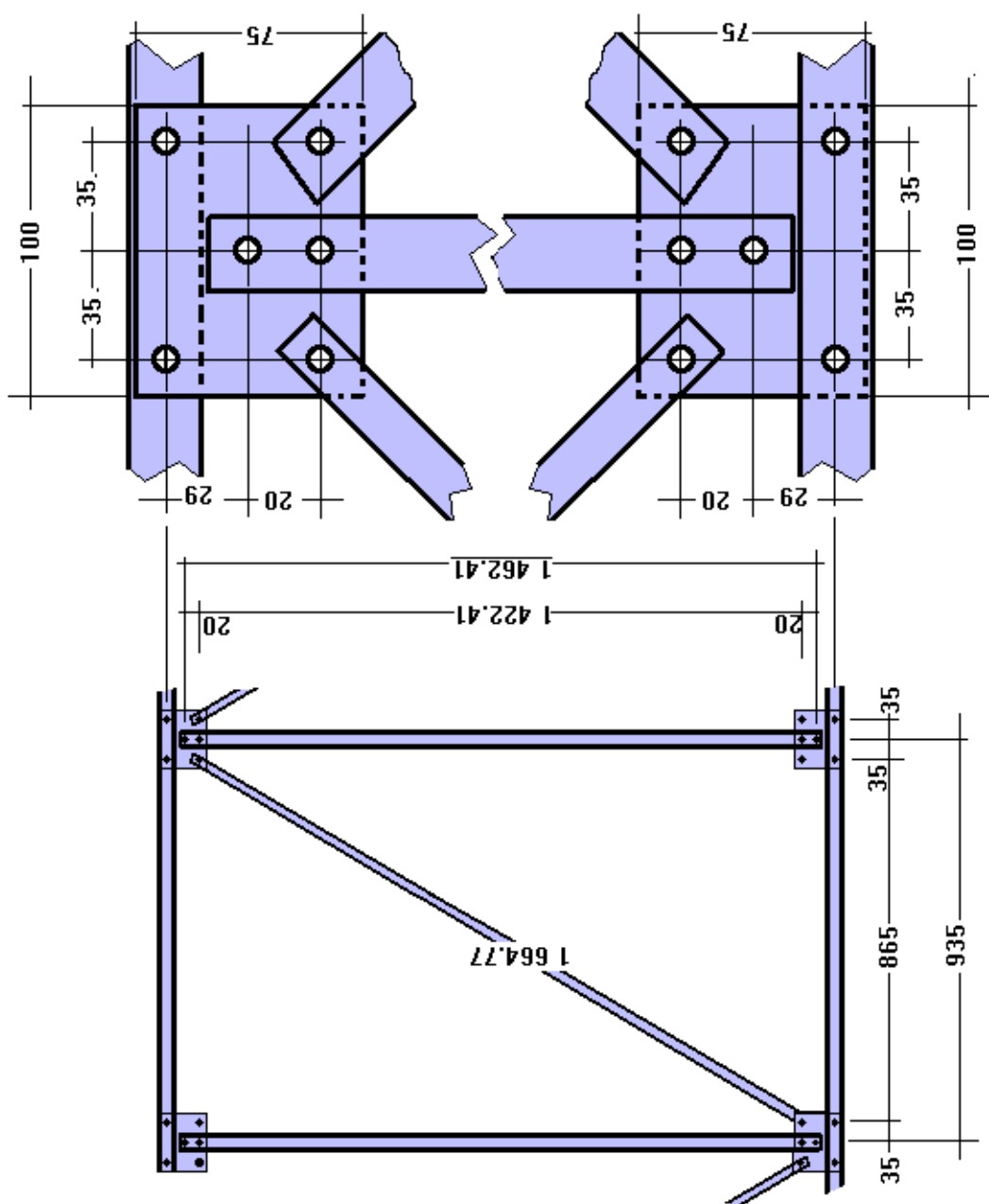


Face Nadir, détails



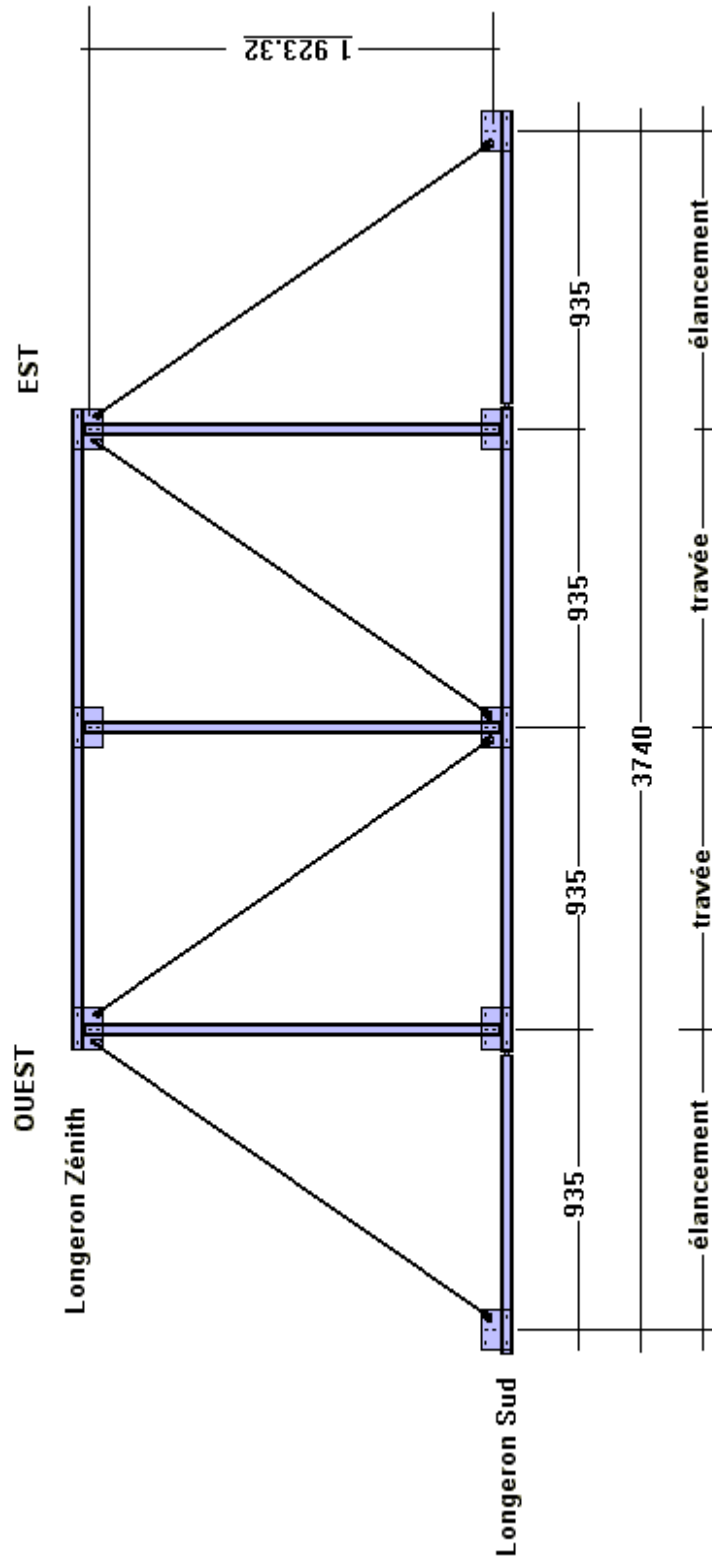
Face Nord Ensemble

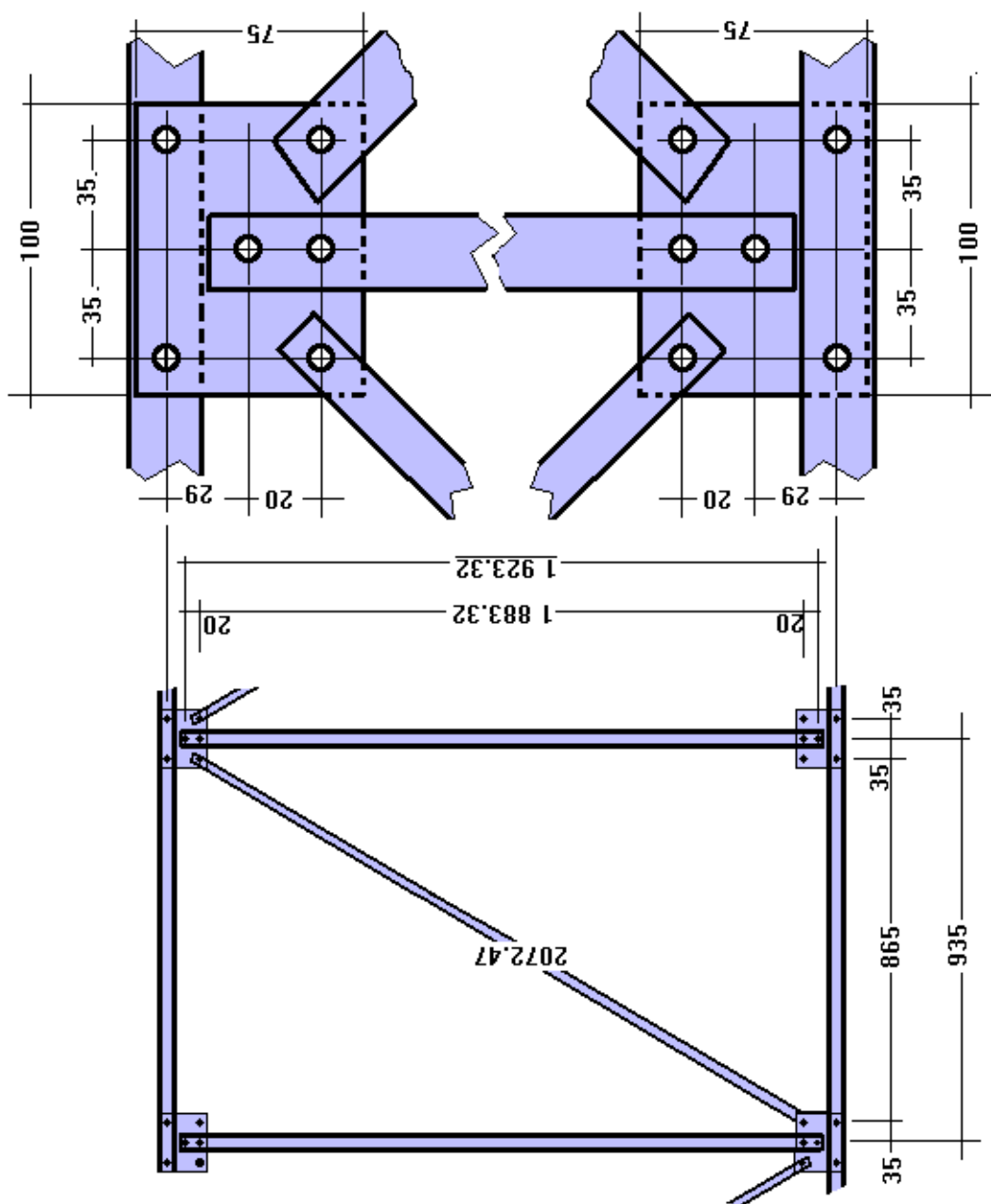




Face Nord détails

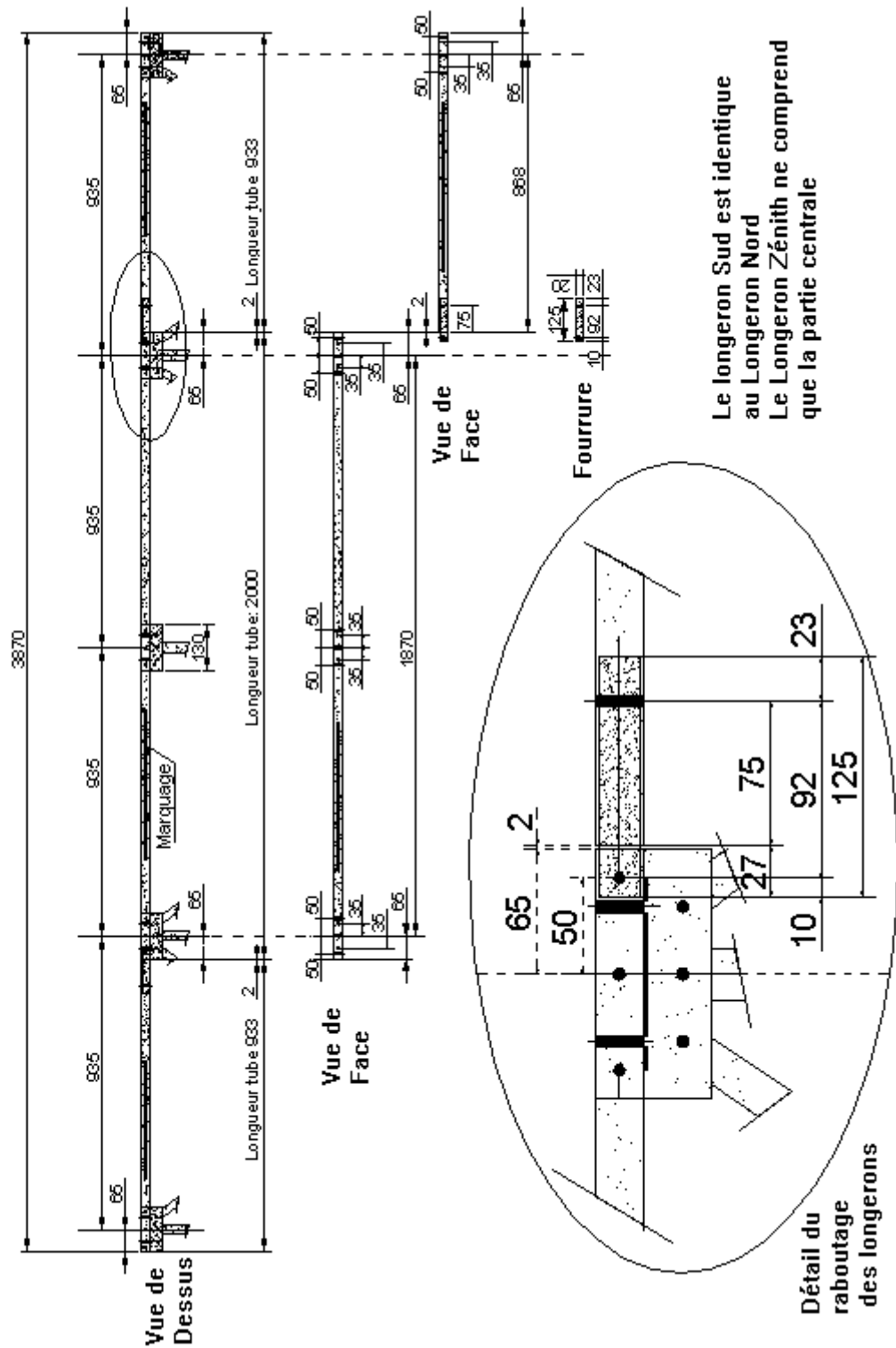
Face Sud Ensemble



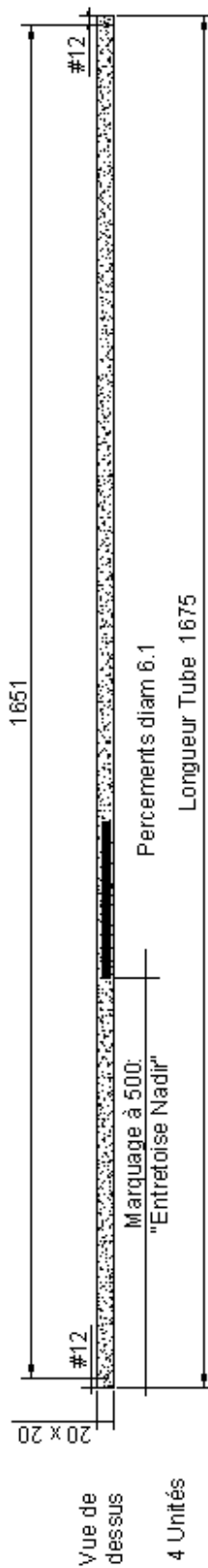


§ 6) LONGERONS et ENTRETOISES: Récapitulation des cotes

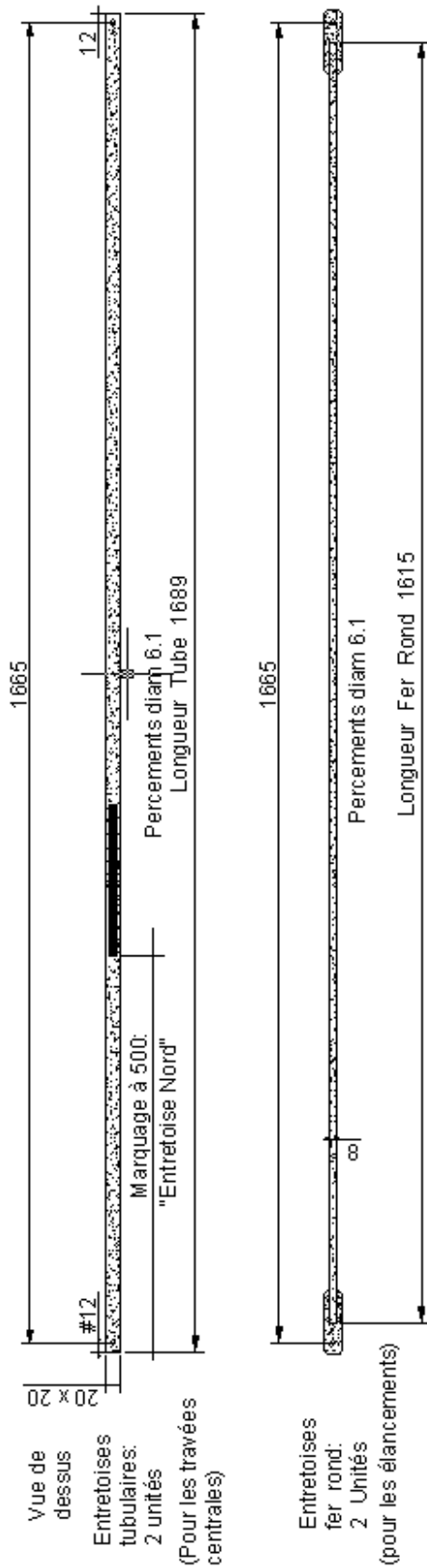
Longeron Nord: récapitulation des cotes



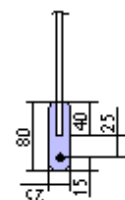
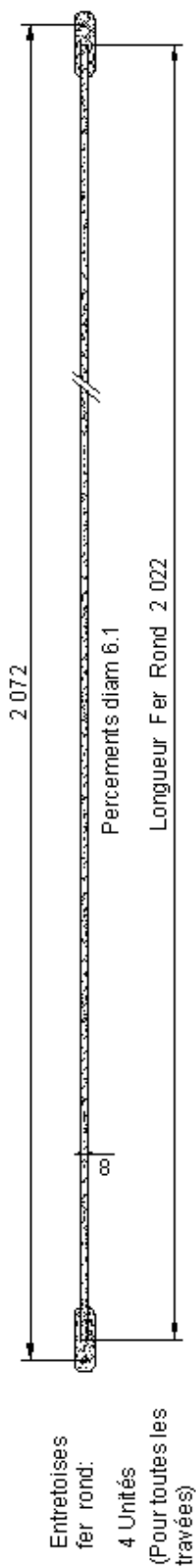
ENTRETOISES FACE NADIR



ENTRETOISES FACE NORD



ENTRETOISES FACE SUD



Pattes en tôle ep 1.5 mm mini
(idem tôle des platines)

Souder les pattes
avant de tracer les
percements

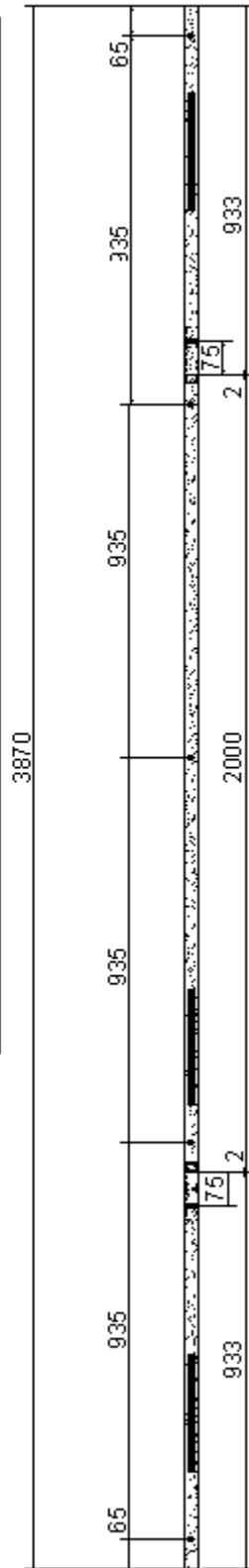
Le fer rond est du type "rond lisse à béton" diam 8 mm, à l'exclusion du fer tors ou crénelé, et de l'acier Stub pour mécanique
Les entretoises en fer rond peuvent aussi être confectionnées en tube carré 20*20*2 galva: c'est ici une question d'esthétique plus que de résistance.

1ère Partie Capteur solaire et production de vapeur

TUBE 30*30 2 UNITS

Chap. III Etude du capteur de 2 m²

Cales de 10 mm à insérer entre les traverses Nadir et les pannes, à réaliser en contreplaqué marine ou tout autre matériau. Si l'on souhaite les fixer sur les traverses (vis autoforeuses, rivets aveugles...) on peut leur donner une forme rectangulaire



Marquage à 300 "panne"
Longueur tube: 2000

§ 8) MARQUAGE DES TUBES et RECAPITULATION DES QUANTITES

Le marquage

Le travail des tubes comprend deux séries d'opérations: débit et marquage d'une part, tracé et perçage d'autre part.

Lors de leur fabrication, les tubes carrés sont soudés électriquement: on remarque, à l'intérieur, un léger bourrelet placé de façon telle qu'il dévie un foret de 6 mm. Il faut donc impérativement repérer ce bourrelet dès le début des opérations, et inscrire le marquage sur la face soudée du tube. Sur les documents de construction, la position du tube sur l'établi est repérée en fonction du marquage; le risque est donc éliminé.

Pour procéder au marquage, un tube marqueur à bille, convient très bien.

Lors du montage du capteur, les marquages serviront aussi à placer les tubes dans la bonne position, le principe étant que "le marquage est tourné vers l'intérieur de la poutre"

Le tube est du type "tube de construction carré soudé ep 2mm", galvanisé.

Pour le fer rond Ø 8 mm, le meilleur choix est de faire galvaniser après soudure

Pour les platines, utiliser de la tôle galvanisée ep 1.5 mm (ou ep 2 mm, selon approvisionnements)

De la boulonnerie ordinaire convient; les quelques boulons de "grande longueur" peuvent être remplacés par de la tige filetée M6

Le problème des chutes de tube: Les longueurs commerciales de tubes varient entre 6.00m et 6.40m

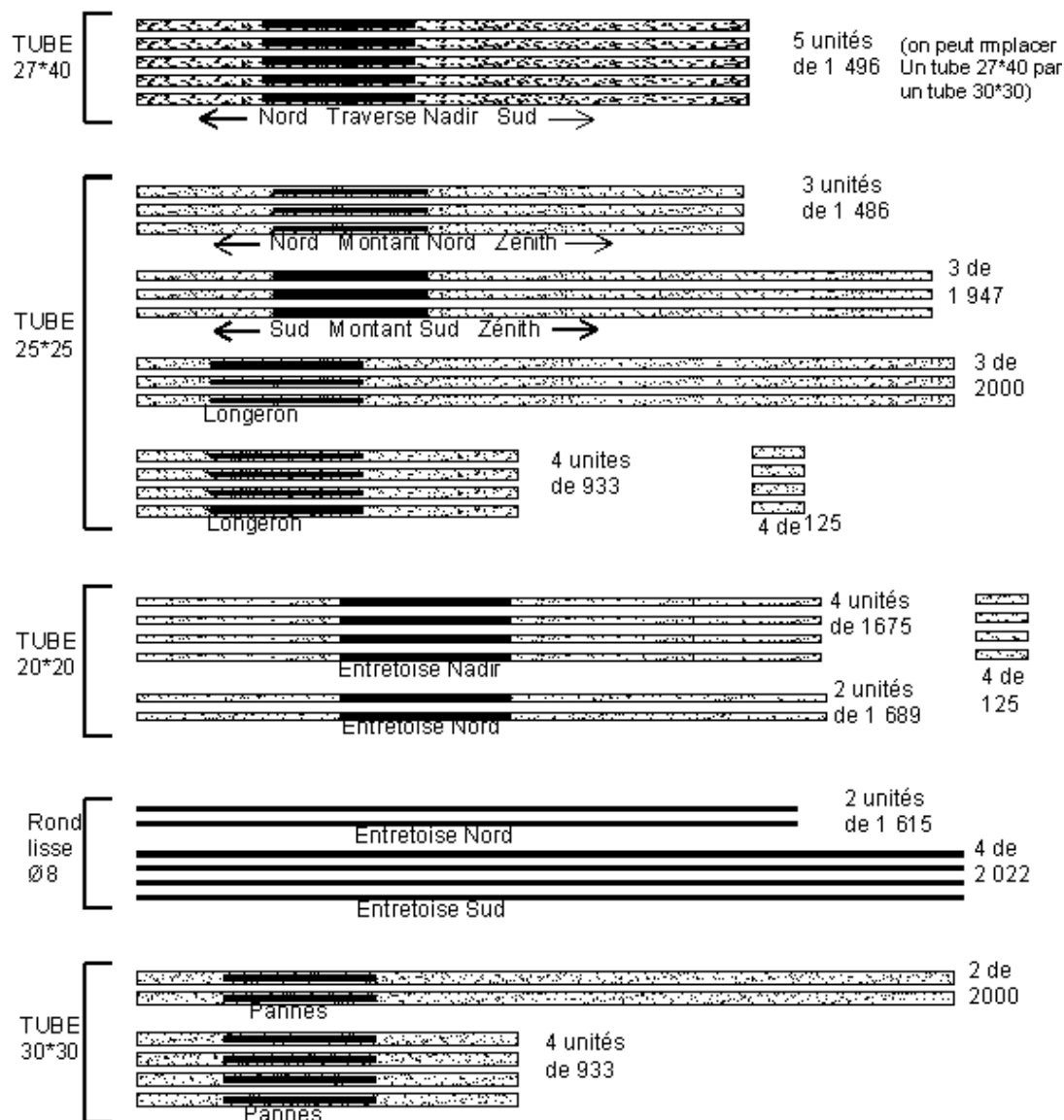
On ne peut donc pas à priori établir une feuille de débit.

Afin de limiter les chutes, il est possible de compléter un montant Nord ou Sud (section 25*25) avec une chute de tube 20*20 ou 30*30, ou avec une chute 25*25 plus fourrure. Ce complément est à faire en partie basse du montant, pour ne pas interférer avec l'installation du Concentrateur (qui est très précise).

On peut réaliser le même genre d'opération avec les diagonales tubulaires.

Pour ce qui est des traverses Nadir: il faut cinq éléments, et on ne peut en débiter que quatre dans une barre de 6.00 m; on pourra, pour la cinquième traverse, utiliser une chute de 30*30, qu'on installera de préférence en bout d'un élancement (pour ne pas interférer avec le système de pointage)

CAPTEUR de 2M²:Récapitulation des quantités pour la poutre stricto sensu



LES PLATINES récapitulation

platines en tôle galva ep 1.5 mm(ou 2mm selon approvisionnements):

10 platines de 130 *60 et 16 platines de 100*75, plus quelques chutes pour les pattes des entretoises en fer Ø8

(il faudra par ailleurs approvisionner des tubes et platines pour la tête de poutre, et pour les quelques autres éléments tubulaires des miroirs, du CPC, ...)

SECTION V ETUDE DE LA TETE DE POUTRE

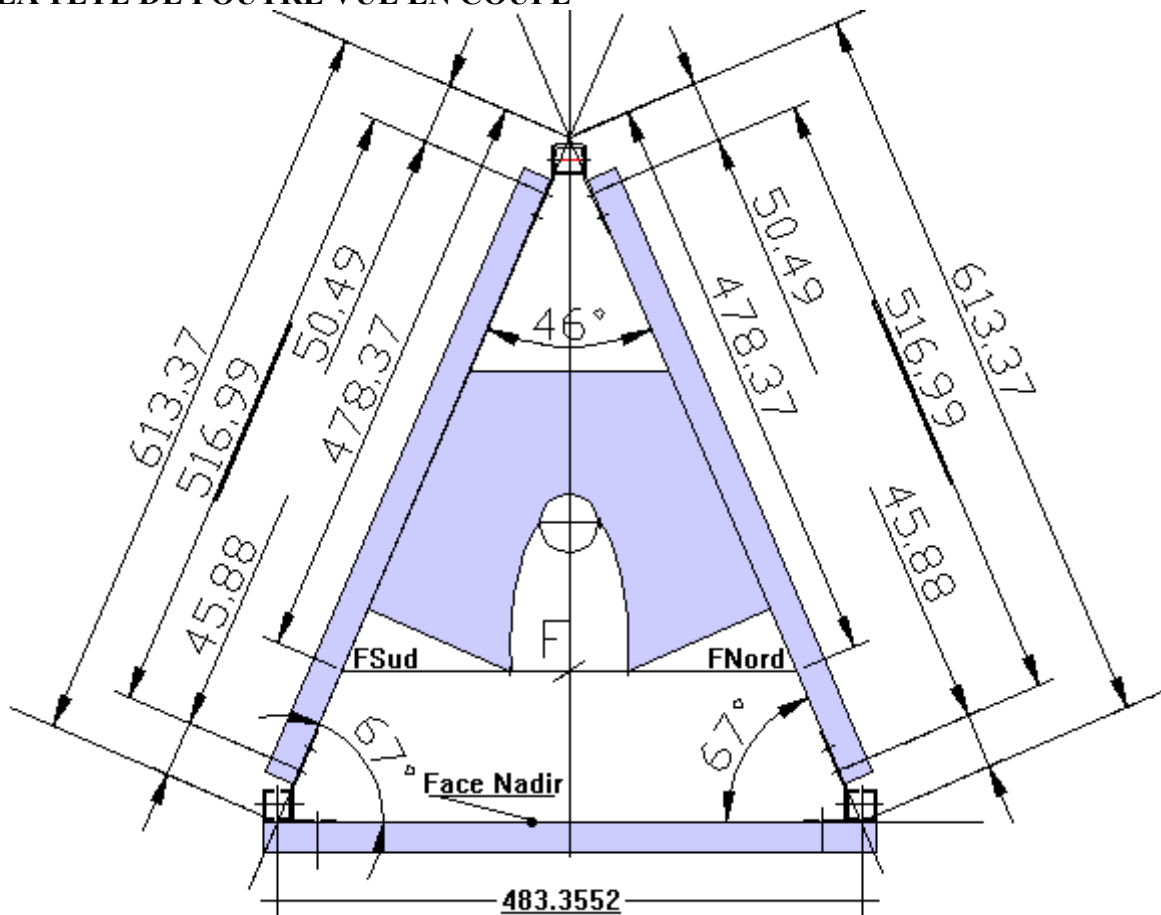
Le propos est de disposer d'une réplique de la partie haute de la poutre du capteur, afin de travailler en atelier, à hauteur d'établi, pour essayer, installer/ désinstaller le Concentrateur, le bouilleur et ses accessoires etc. (sans voir régulièrement des outils tomber sur les miroirs...)

La réalisation de la tête de poutre présente aussi un autre intérêt pédagogique: on y retrouve tous les ingrédients de la réalisation d'une poutre; c'est donc un bon galop d'essai.

La confection d'une tête de poutre n'est donc pas indispensable, mais c'est une très sage précaution

La pointe Zénith de la tête de poutre est strictement identique à celle de la poutre; la face Nadir de la tête de poutre est installée quelque peu en dessous des points FNord et FSud, qui sont les points de repère pour l'installation du Concentrateur sur les montants Nord et Sud, et qui permettent de situer avec précision le Foyer F de la parabole (lequel n'est jamais matérialisé) La face Nadir est installée perpendiculairement au plan bissecteur: vue en coupe, la tête de poutre est donc symétrique.

§1- LA TÊTE DE POUTRE VUE EN COUPE



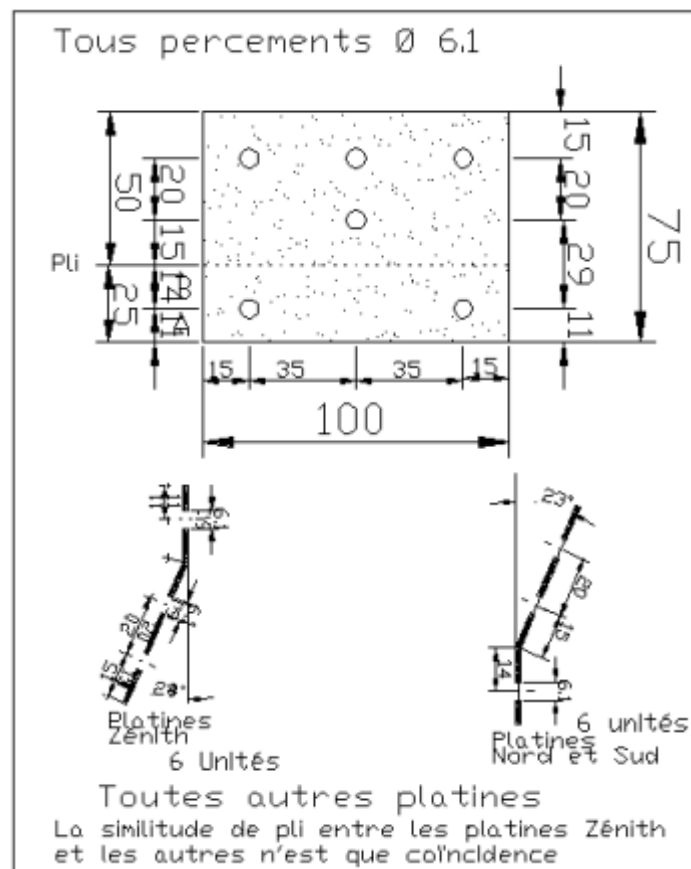
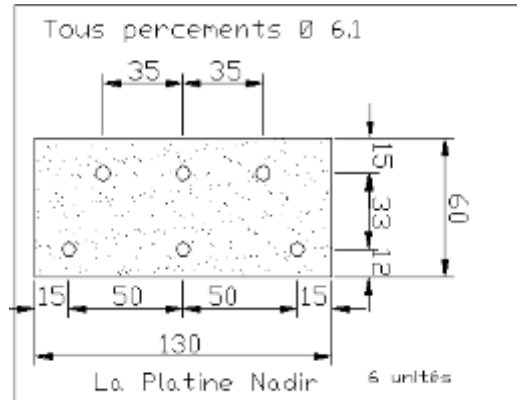
L'étude de la tête de poutre est tout à fait similaire à l'étude de la poutre: on se contente ici de fournir les principaux schémas, sans commentaire

§ 2- LES PLATINES

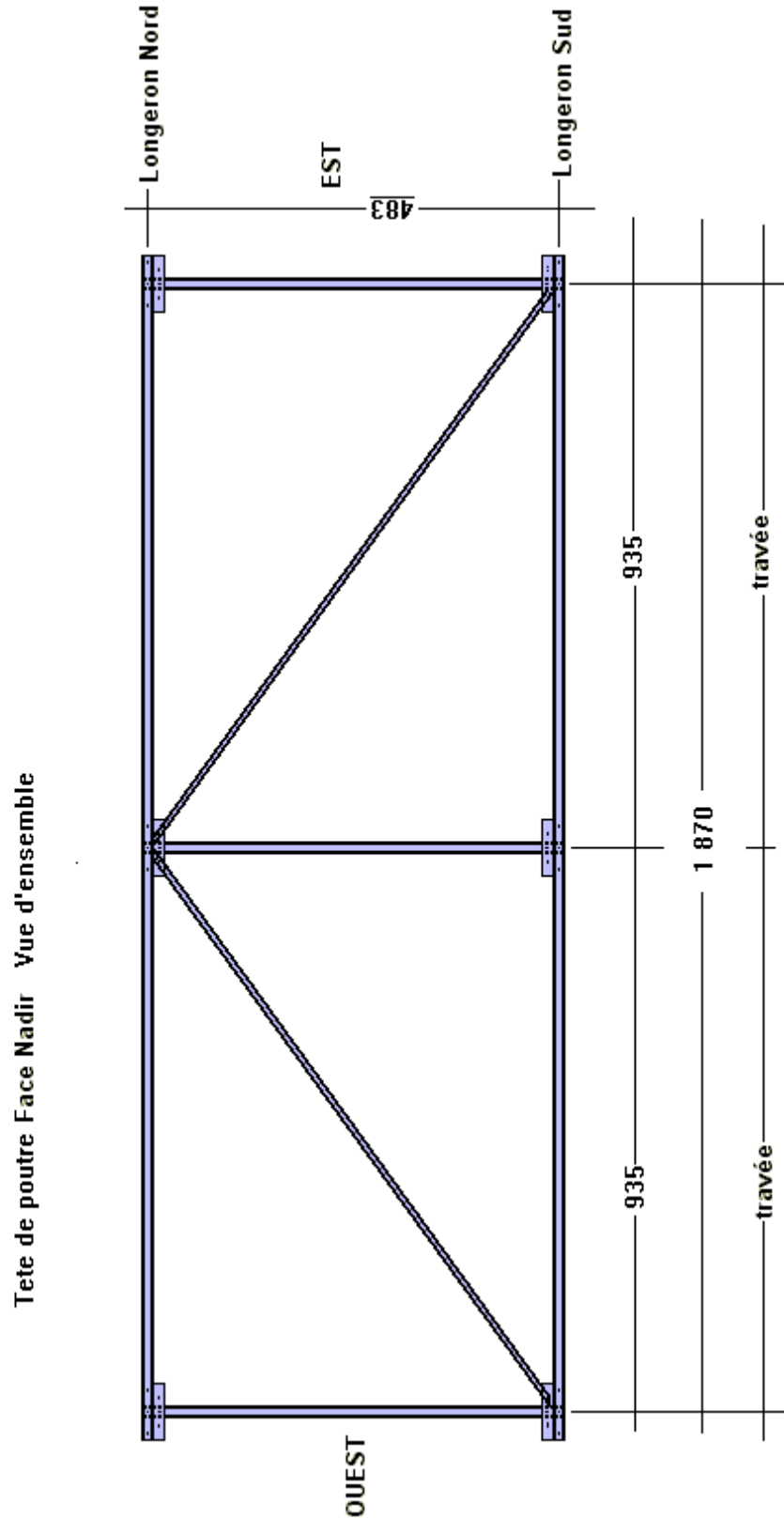
Platines Nadir: identiques à celles de la poutre

Platines Zénith: identiques à celles de la poutre

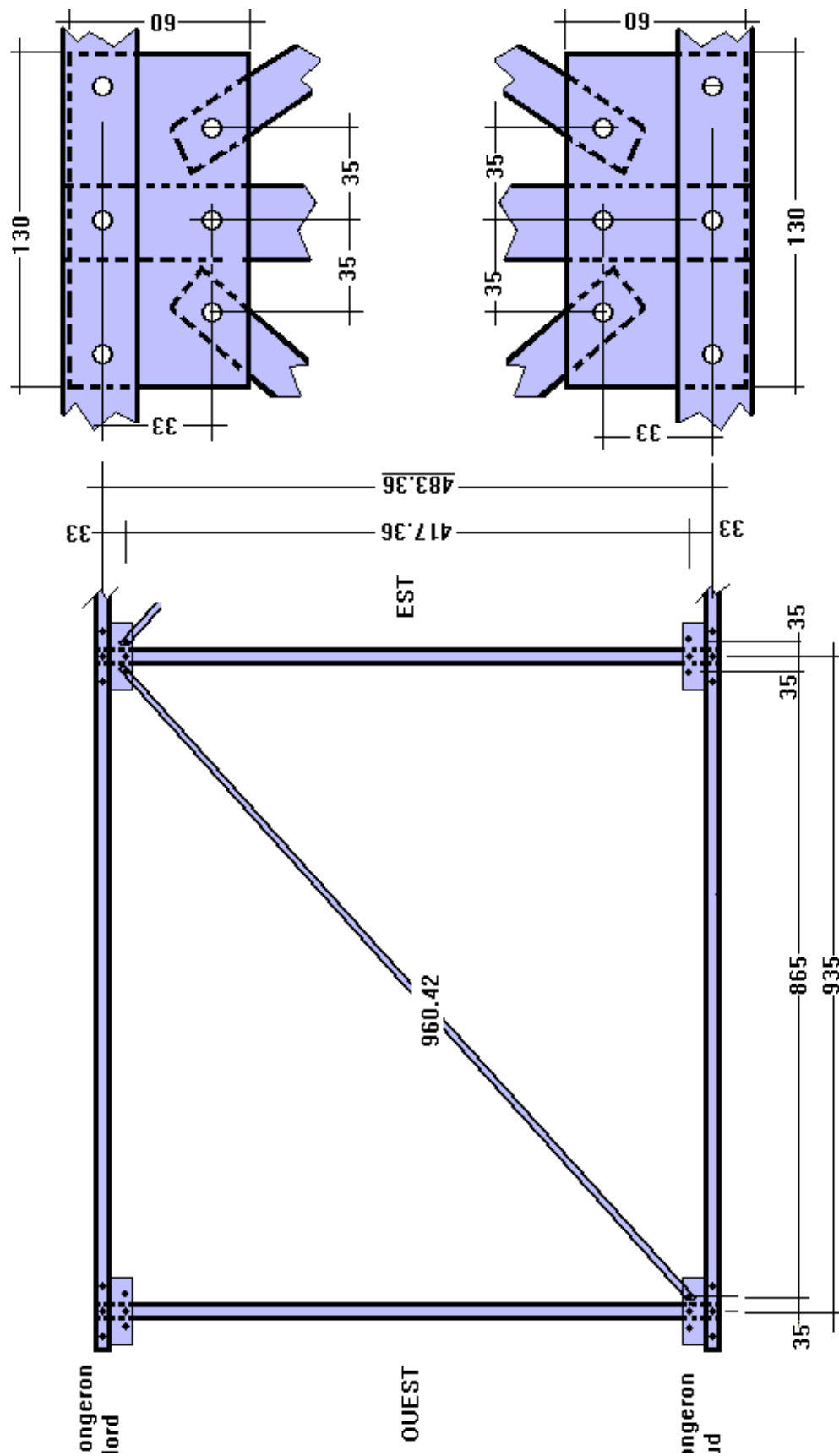
Platines Nord et Sud: l'angle de pli est de $90-67 = 23^\circ$



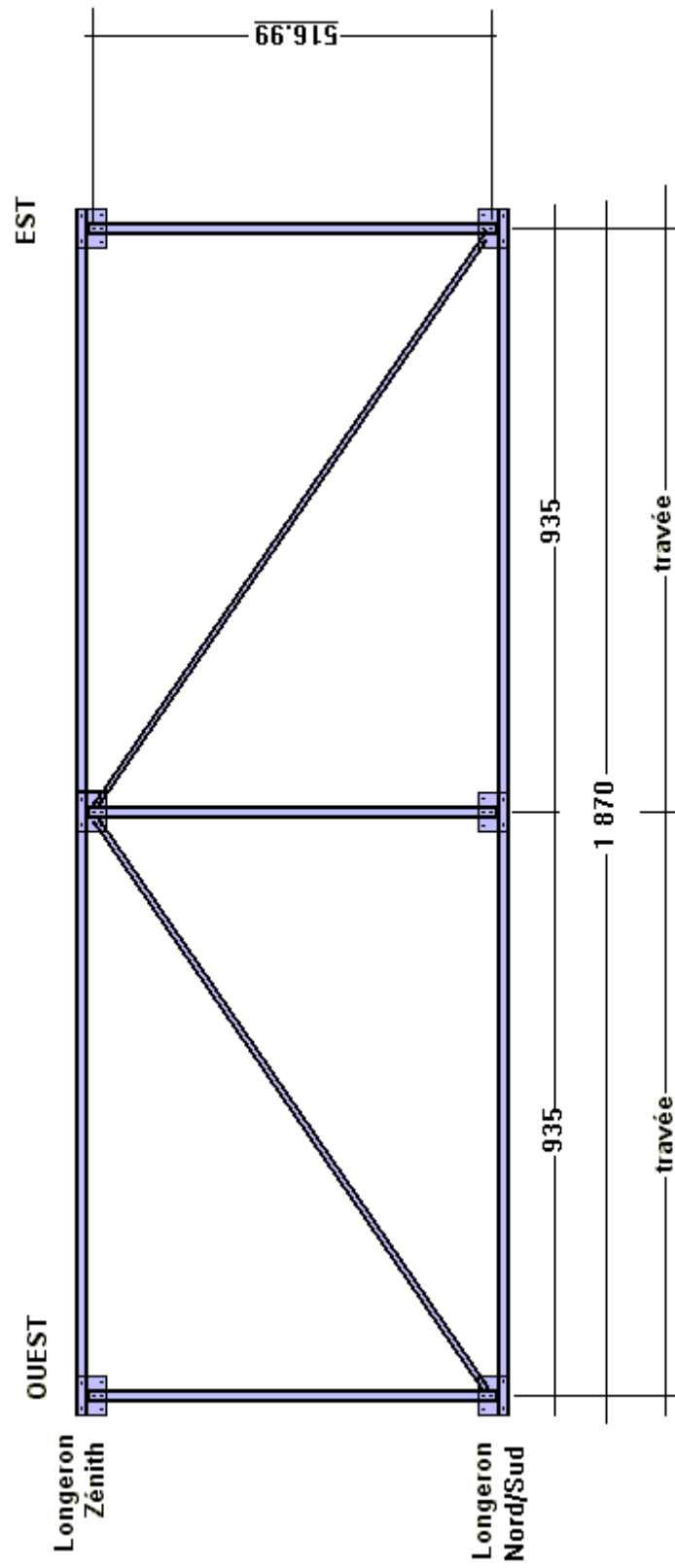
§3- LES FACES DE LA TÊTE DE POUTRES

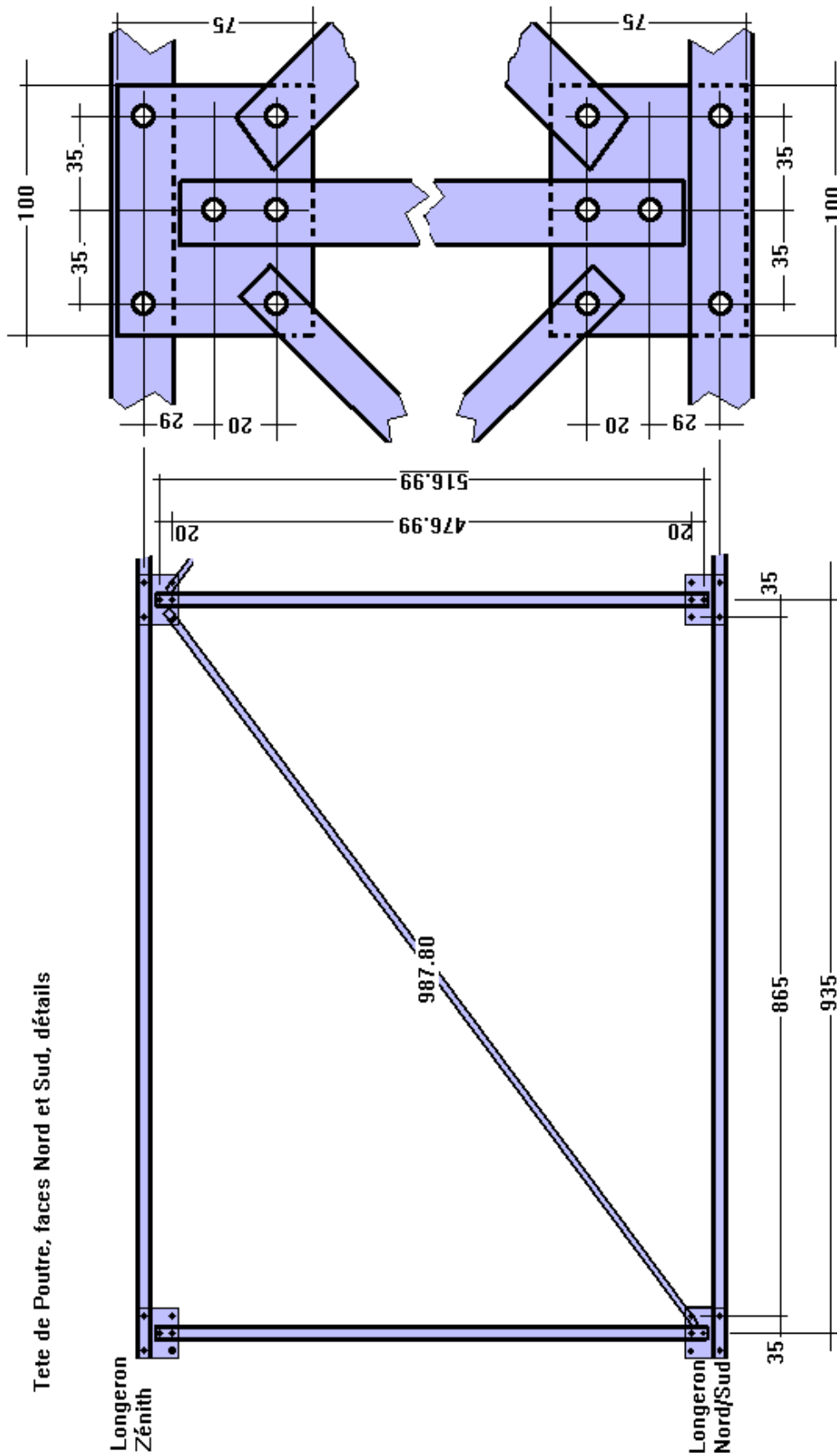


ête de Poutre, Face Nadir, détails



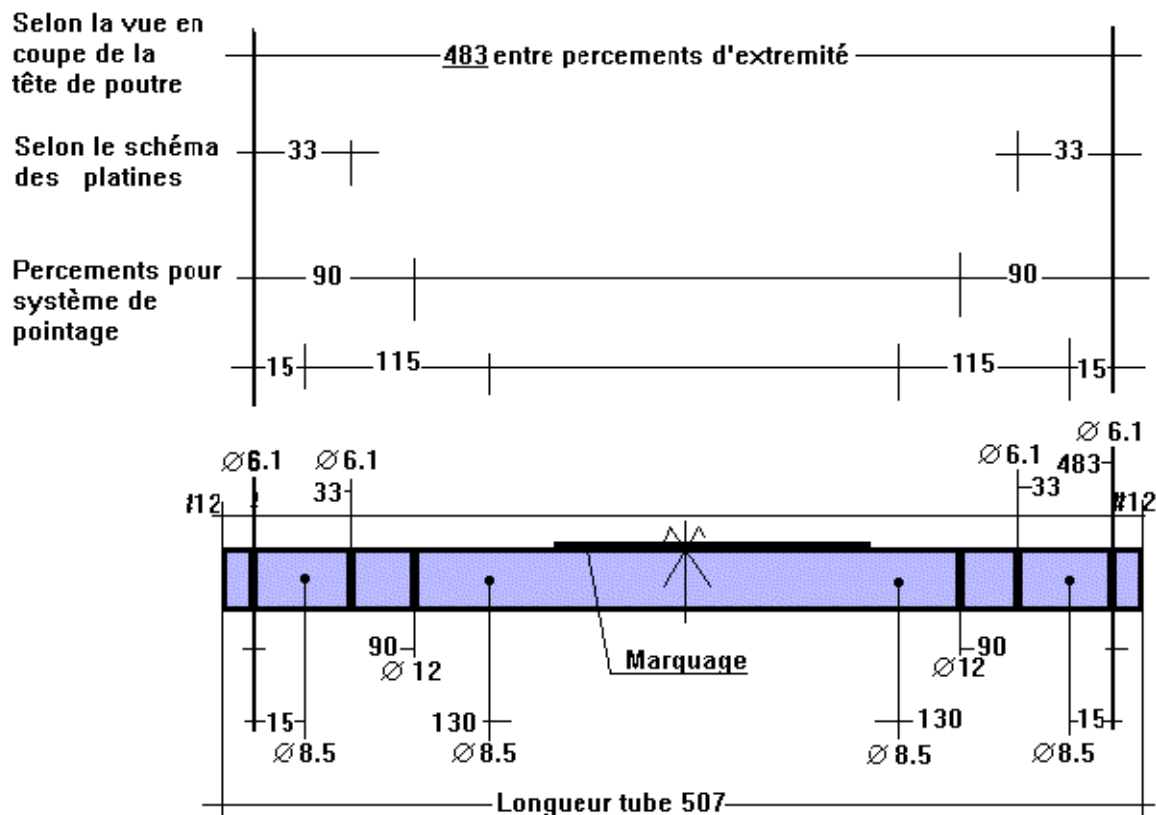
Tete de Poutre, faces Nord et Sud, Vues d'ensemble





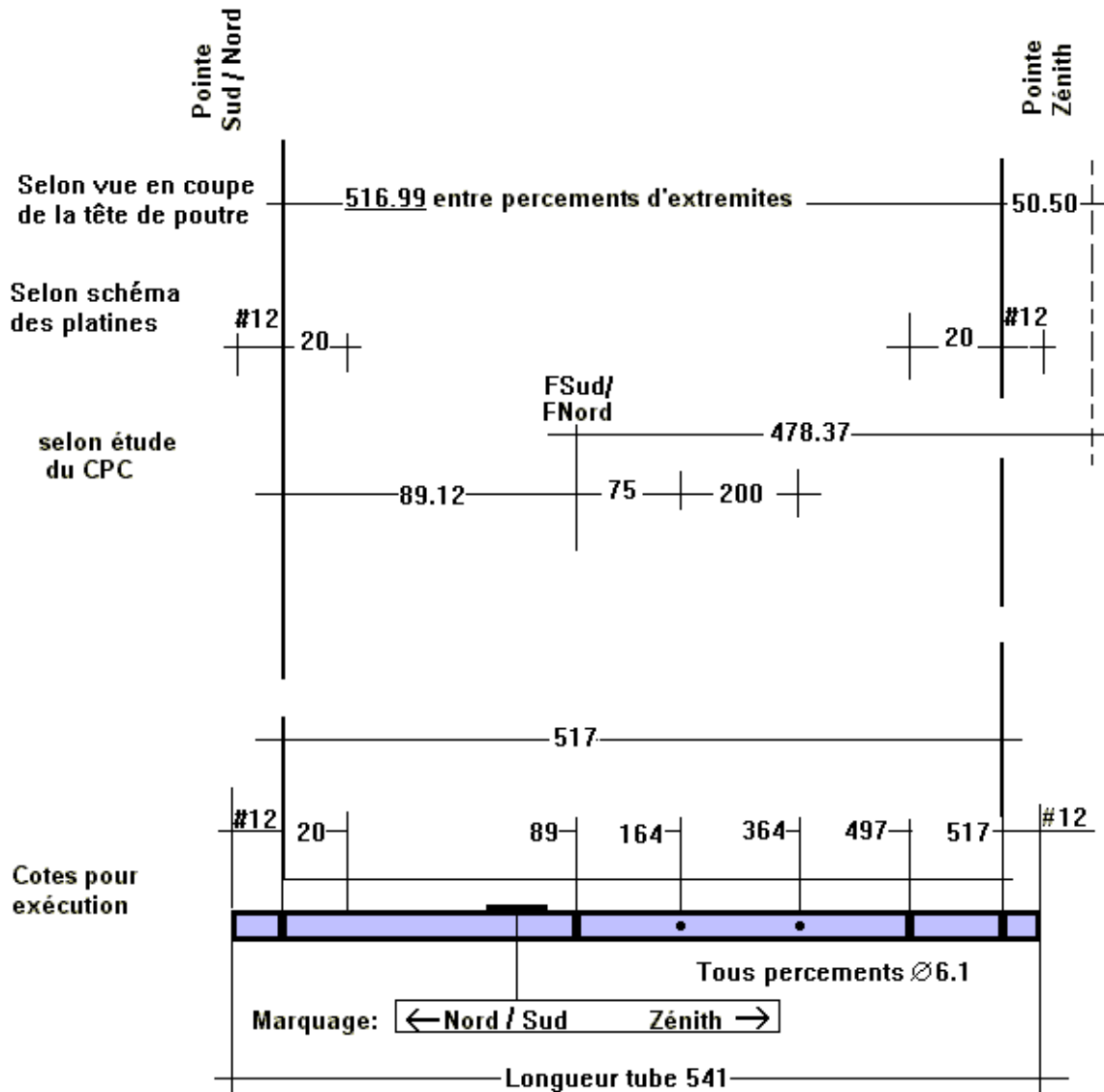
§4- RÉCAPITULATION DES COTES

Récapitulation des cotes Traverses Nadir de la Tete de Poutre
Section: indifférente (environ 25*25*2)
Quantité: 3

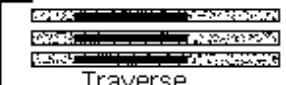


Les percements pour système de pointage permettront, si besoin, de simuler sur la tête de poutre les opérations de pointage du capteur.

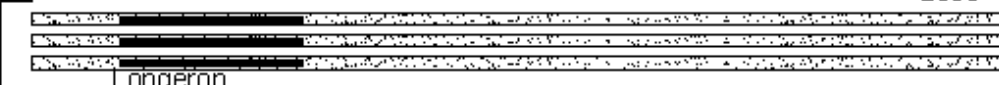
Récapitulation des cotes Montants Nord et Sud de la tête de Poutre
 Section: 25*25*2
 Quantité: 2 fois 3 = 6 unités

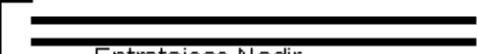


§ 5 DÉBIT ET MARQUAGE DES TUBES ET PLATINES POUR LA TÊTE DE POUTRE

TUBE 27*40  3 de 507 (du tube 30*30, 25*25, voire 20*20 conviendrait également)

TUBE 25*25  6 Montants de 541

TUBE 25*25  3 de 2000

Rond lisse Ø8  2 de 910

du tube 20*20 ou autre conviendrait également; auquel cas il faut rajouter 74 mm aux longueurs ci contre

Rond lisse Ø8  4 de 938

PLATINES:

6 de 130*60
12 de 100*75

Section VI -ETUDE DU SYSTEME

DE POINTAGE

Le système de pointage permet au capteur de pivoter sur son arête Sud, sur une plage de 65° environ. Selon la latitude et la saison, on doit pouvoir si besoin surélever l'arête Sud, et même retourner le capteur. Voir les silhouettes des différentes positions du capteur, au chapitre "Conception", section IV. Il existe une multitude de solutions, il n'est que de choisir celle qui est la plus adaptée en fonction de la latitude, de la période d'utilisation, de la taille du capteur, des matériaux disponibles, etc...

On présente ci dessous une solution de base, convenant à un capteur de 2.00 m² à installer de façon définitive, et une solution foraine, convenant à un capteur à installer pour quelques jours ou quelques semaines.

§ 1) UNE SOLUTION « DE BASE »

Le système de pointage comprend d'une part l'axe en arête Sud (du moins pour l'hémisphère Nord) et d'autre part la vis de manœuvre, en arête Nord.

A) L'AXE EN ARÊTE SUD

L'arête Sud de la poutre repose sur un tube-axe porté par deux coulisses, elles mêmes maintenues par deux fourreaux fichés au sol.

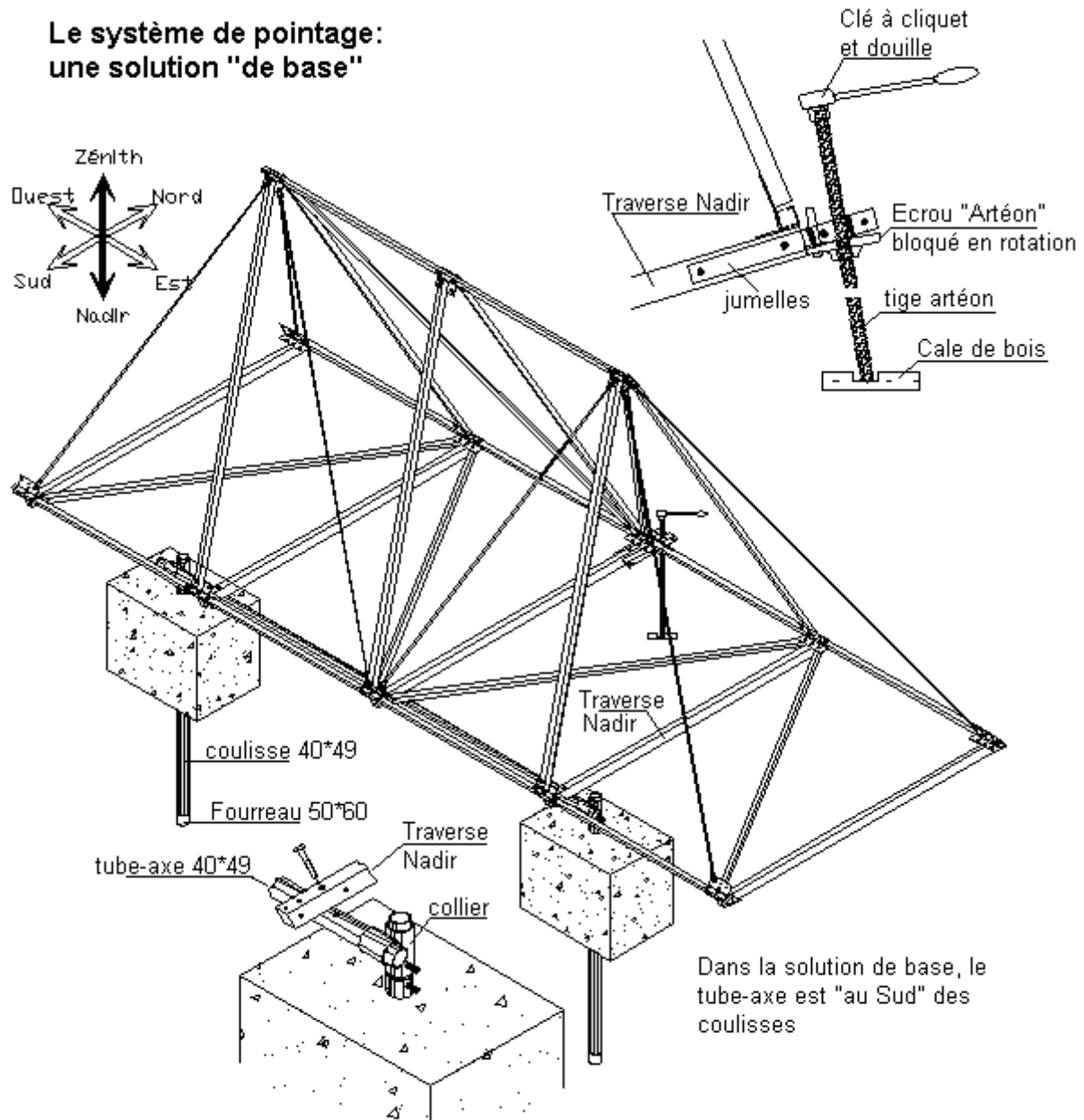
1) le tube-axe est un tube rond « 40*49 » longueur 2.50 m environ, strictement horizontal, et orienté Est-Ouest. L'extrémité Sud des traverses Nadir reposent directement sur le tube-axe, maintenues par deux boulons. Les percements sont au Ø 12 ou 14mm, pour des boulons Ø 10 mm. la précision qui était de rigueur lors de la construction de la poutre n'est plus de mise ici. Le tube-axe est en libre rotation horizontale dans des colliers d'échaffaudage.

2) les deux coulisses sont également des tubes ronds « 40*49 », longueur 1.20m, coulissant verticalement à l'intérieur des fourreaux. Les coulisses sont percées à intervalles réguliers pour s'adapter aux différents réglages selon la latitude et la saison, et sont équipées à leur tête de colliers d'échafaudage pour recevoir le tube-axe.

3) Les deux colliers en tête de coulisse sont soit des colliers d'échafaudage, soit des colliers « fabrication maison ».

4) Les deux fourreaux sont des tubes ronds « 50*60 » fichés au sol à la masse, sur une ligne orientée Est-Ouest. Un percement en tête au diamètre 12 ou 14 mm permet de brocher, avec un boulons diam 10 mm, les coulisses 40 x 49 à la hauteur voulue, selon la latitude et la saison. Lors de la mise en place, ce sont les percements des deux fourreaux qui sont installés strictement de niveau, indépendamment de l'éventuelle déclivité du sol.

Le système de pointage: une solution "de base"



5) les dés en béton, sont terrassés après mise en place des fourreaux. Pour un capteur de 2m², deux dés de 0.40*0.40*0.40m sont suffisants, soit deux brouettées de béton. (un béton assez maigre fera l'affaire, avec un sac de 30 kg de ciment, une très grande brouettée de gravillons, et une petite brouettée de sable.).

Quelques commentaires.

- *seuls les tubes ronds* 50*60 et 40*49, qui coulisseraient facilement l'un dans l'autre, conviennent pour notre usage. Des coulures de galvanisation empêchent parfois les tubes de coulisser correctement entre eux: faire un essai avant la mise en place.

- *les tubes carrés* ne conviennent pas . Ils sont très ajustés, la rouille et le sable risquent de les bloquer rapidement, sauf à utiliser des tubes 50*50*2 et 40*40*2 et caler entre eux avec un coin. En outre, hormis les terrains sablonneux, ils sont quasiment impossibles à enfoncer à la masse, le moindre caillou tord le métal tôle et les fait dévier (les tubes ronds, par leur forme et leur épaisseur, sont beaucoup plus adaptés); de plus , il faudrait aligner leurs faces, ce qui n'est pas facile à obtenir.
- *La mise en place des fourreaux* 50*60 à la masse ne peut se faire directement que dans le cas d'un terrain meuble; sinon, faire un avant trou à la barre à mine, que l'on agrandit avec un tube 40*49, avant la mise en place définitive du fourreau 50*60. Lors du battage des tubes, il faut sortir le tube (à deux ou trois reprises, en s'aidant du collier si besoin) afin de le vider de la terre qui viendrait l'obstruer sur une bonne partie de sa longueur. Pour vider le tube, il suffit de le frapper sur une pierre.
- la tête du tube est déformée par les coups de masse. Il faut prévoir une sur-longueur de quelques centimètres, à recéper ensuite.
- *on peut préférer utiliser une tarière*, à main ou à moteur, d'usage courant pour les plantations d'arbustes ou les piquets de clôture ou de vigne (voir jardinerie ou loueurs de matériels); auquel cas il faut combler l'espace entre le tube et le terrain avec un mortier de ciment liquide. Ce coulis ne remplace pas le petit bloc de béton, à couler après battage du fourreau.
- *colliers d'échafaudage* (voir galerie photos)il en existe de nombreuses sortes: fixes ou orientables, en acier moulé ou en tôle emboutie, ouverts ou fermés; peu importe dans notre cas, les efforts sont assez faibles Il est cependant impératif que le tube-axe soit en rotation libre dans le collier.(les raccords "Quifix" ne conviennent pas)
 Voir par exemple: [Axmann.fr/Les produits/ accessoires pour échafaudages/ Raccords acier embouti et fonte](http://Axmann.fr/Les-produits/accessoires-pour-echafaudages/Raccords-acier-embouti-et-fonte). Si les fourreaux sont implantés bien verticalement, les colliers orthogonaux suffisent, sinon, il faut s'orienter ... vers des colliers orientables (le modèle EB99/ 300 kg est un peu léger). Voir également [Entrepose-échafaudages.fr/ produits / accessoires/ raccords/ Raccords et accessoires/ Consulter la fiche, puis "Plaquette commerciale " en .pdf](http://Entrepose-echafaudages.fr/produits/accessoires/raccords/Raccords-et-accessoires)
 Lors de l'approvisionnement il faut bien spécifier les dimensions des colliers: les deux tubes à relier sont du type « 40*49 », c'est à dire que leur diamètre extérieur est de 49 mm environ.
 Inutile d'essayer de commander deux colliers par correspondance; on peut éventuellement s'adresser à un fournisseur de matériel de bâtiment, ou s'adresser à un loueur d'échafaudages. ou aller voir directement au dépôt d'une entreprise... ou sur un chantier de bâtiment. On peut donc préférer fabriquer deux colliers « maison », ce sera finalement parfois la solution la plus rapide.

Colliers « fabrication maison ». Ils sont confectionnés à partir de chutes de tube « 50*60 », le tube « vertical » est percé au Ø12 pour brochage sur la coulisse, le tube « horizontal » reçoit l'axe, qui reste libre en rotation. La soudure est à renforcée par tous moyens (fers plat...) au choix du soudeur.

Petit détail le tube axe est à installer « au Nord » des coulisses, et les traverses Nadir reposent directement sur le tube axe. Le montage sera différent dans le cas de l'installation foraine.

Si les coulisses ne sont pas fichées bien verticalement dans le sol, le réglage des coulisses (quelques opérations dans l'année) n'en sera pas facilité, mais c'est sans conséquence sur le fonctionnement du capteur. L'horizontalité du tube axe, par contre, est impérative, car le bon fonctionnement du bouilleur en dépend..

B) AU NORD: LE SYSTÈME DE MANŒUVRE

On utilise un ensemble vis/écrou installé sur une paire de jumelles, et manœuvré par une clé à cliquet ordinaire.

1) La vis est une tige de coffrage, d'un usage très courant sur les chantiers de bâtiment, dite "tige de coffrage", ou "tige tourbillon" ou "tige Artéon", autant de désignations pour un même matériel. Ce sont des vis à pas très rapide. Les tiges sont disponibles en deux tailles, dénommées 15/17 et 20/23, le premier chiffre désigne le \varnothing du noyau, le second désigne le \varnothing extérieur du filet.

La tige 15/17 en usage pour les coffrages ordinaires est tout à fait suffisante pour notre usage mais la tige 20/23 convient parfaitement aussi. Elles sont disponibles en toutes longueurs chez les revendeurs de matériel pour bâtiment. Une longueur de l'ordre de 1.00 m convient, si besoin on la rallongera à l'aide d'un tube carré 25*25*2.

Ce sont des tiges auto-nettoyantes, le béton ou la rouille sont sans effet sur son fonctionnement. Voir Arteon.fr/produits/Coffrage.

2) L'écrou est bloqué en rotation entre les jumelles.

Il existe de nombreux modèles d'écrous adaptés au pas de vis, voir doc Artéon

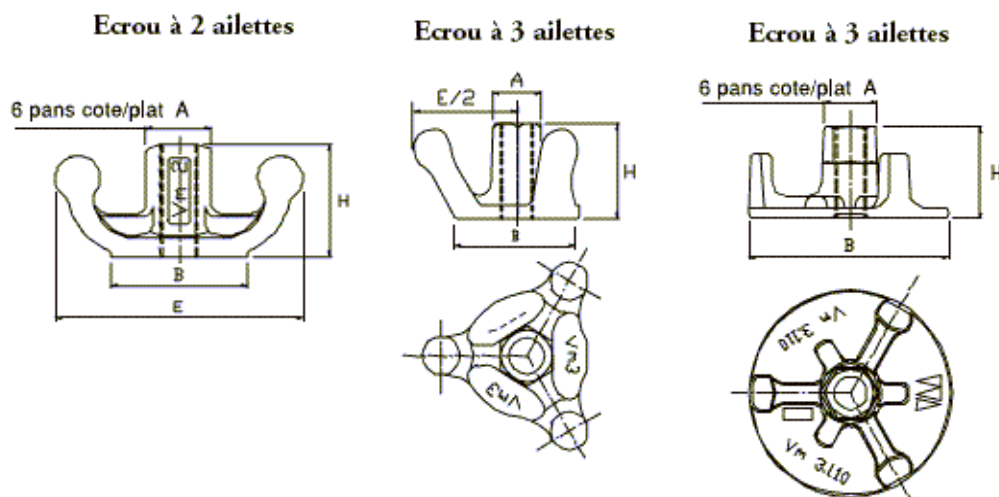
- écrous à deux ou trois ailettes, dits « à frapper » : une ailette servira à bloquer l'écrou en rotation, la ou les autres sont supprimées à la tronçonneuse.

- écrous à ailettes et à platine de grand diamètre, on peut percer la platine et y installer un boulon pour maintenir l'écrou en rotation.

- écrous carrés ou à six pans : dans le cas des tiges 20/23, ils sont suffisamment dimensionnés pour pouvoir y fixer un ergot par soudure ou par tout autre moyen

Tout est affaire d'opportunité et de facilité d'approvisionnement. On trouve ce matériel sur tous les chantiers de béton armé, ou chez les fournisseurs de matériel de bâtiment (qui sont souvent référencés sous la rubrique "location de matériel" dans les annuaires)

Extrait de la documentation Artéon



3) Le pied de la vis repose simplement sur une pièce de bois percé à mi hauteur, sauf à être sur un sol suffisamment résistant.

4) Sur la tête de vis, on peut souder un écrou ou mieux, installer de force, après quelques passages de meuleuse, une douille pour clé à cliquet (pour une tige 15/17 prévoir une douille de 14, à six pans si possible) La manœuvre s'exécute alors à la clé ou à la clé à cliquet ordinaire (carré de ½ pouce = 12.7 mm) pour entraîner la vis en rotation et repointer le capteur.. L'effort est négligeable.

C) UNE INFINITE DE SOLUTIONS

En fait, pour le système manuel de manoeuvre, il existe un nombre incalculable de solutions, telles que

- le petit vérin hydraulique à main
- le treuil manuel à cable, avec un mat et une poulie de renvoi
- le petit tirfor "jockey" (tractel.com)

et sans compter les solutions motorisées, à commande manuelle ou automatisable, telles que les vérins électriques, par exemple du type de ceux utilisés pour certains mécanismes de portails automatiques, etc... etc...

§ 2) UNE INSTALLATION FORAINE

S'il s'agit d'installer le capteur pour seulement quelques jours ou quelques semaines, on peut tout à fait se contenter de planter directement dans le sol les coulisses en tube 40*49 , sans fourreau ni dé en béton. Il faut alors prendre quelques précautions de détail

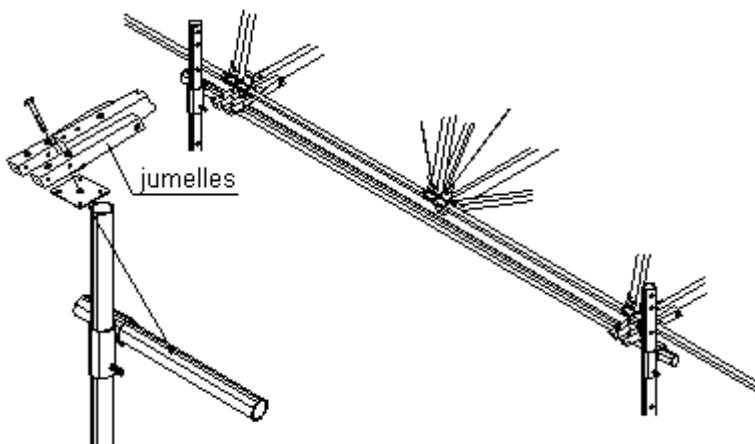
- la longueur des coulisses (qui maintenant sont...fixes) doit être suffisante pour l'ancrage au sol (80 cm à 1.00 m) et pour pouvoir le cas échéant surélever l'axe horizontal en fonction de la latitude et de la saison.
- les percements doivent être alignés horizontalement, pour que le tube -axe soit bien horizontal: quelques derniers coups de masse bien ajustés y pourvoient. Si l'on utilise des colliers d'échafaudage, il n'est pas nécessaire de percer les coulisses, mais il est utile de tracer deux repères de niveau.
- les coulisses dépasseront probablement en hauteur, faisant même un peu d'ombre sur les miroirs, ce qui n'est pas très élégant (mais quelque peu dangereux: il faudra protéger les têtes des tubes), Il faut alors impérativement

-Installer le tube-axe « au Nord » des coulisses fichées au sol

-Installer la poutre sur le tube-axe par l'intermédiaire de jumelles, identiques à celles utilisées en arêtes Nord, pour éviter que la poutre vienne buter contre les coulisses

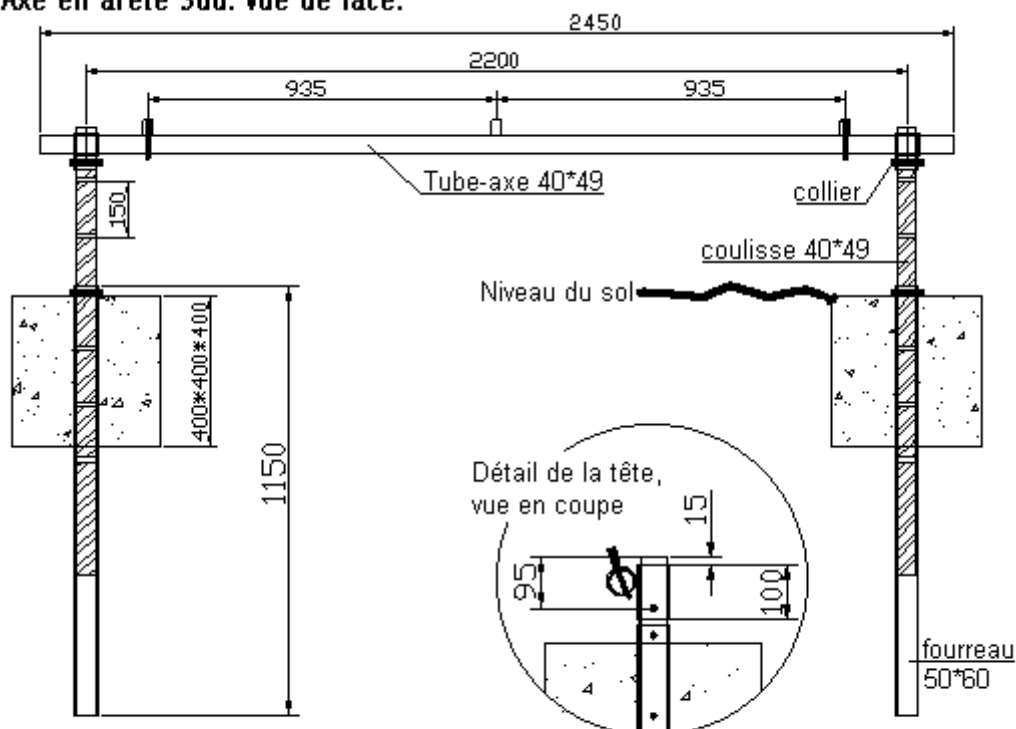
Système de pointage:

Une solution foraine

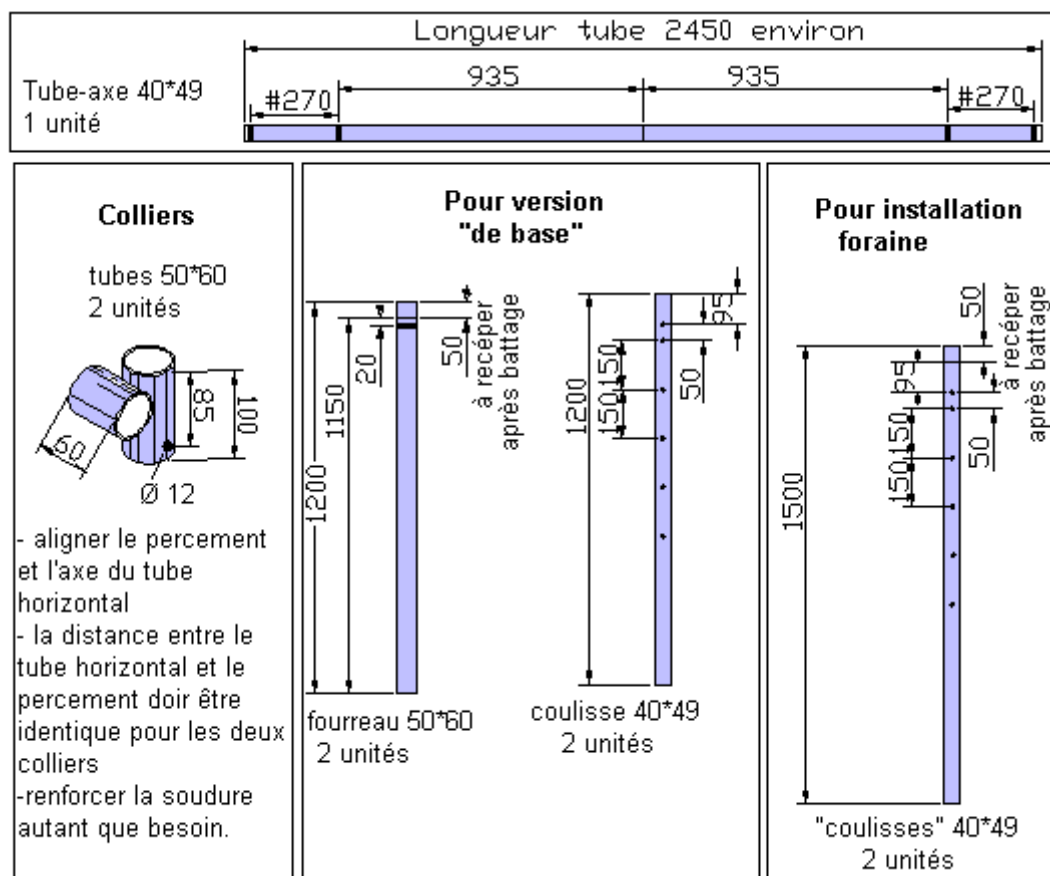


Dans la solution foraine, le tube-axe est "au Nord" des coulisses, et on utilise des jumelles (pour échapper aux coulisses)

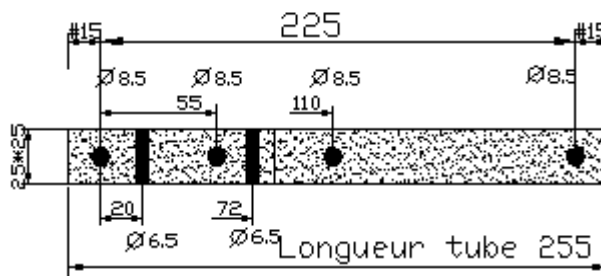
Axe en arête Sud: vue de face.



L'axe en arête Sud: détails de fabrication

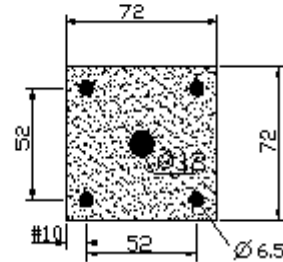


Détail des jumelles



Pour arête Nord: 2 unités

Pour arête Sud: 4 unités, en cas d'installation
foraine uniquement



Tôle idem platines
2 unités, en cas d'installation
foraine uniquement

§ 3 Caractéristiques dimensionnelles des tubes en acier

dits "profils creux de construction",
soudés, finis à froid

TUBES CARRES			Les tubes sont fabriqués à partir de toles pliées et soudées. En principe, un tube carré peut coulisser dans le tube d'une section immédiatement supérieure; toutefois le jeu est faible (1 mm), et l'opération est parfois rendue très difficile - en raison du bourrelet en soudure, à l'intérieur du tube - en raison de coulures de galvanisation - en raison de corps étrangers (sable...)
Dimensions et épaisseur	poils en kg/ml		
20*20*2	1.13		
25*25*2	1.44		
30*30*2	1.76		
35*35*2	2.07		
40*40*2	2.39		
40*27*2	1.98		
45*45*2	2.70		
50*50*2	3.01		
60*60*2	3.64		

TUBES RONDS			Poids
Dénomination	Dimensions		
Pouce "Gaz"	Ø X épais.	kg/ml	
1/2'	15x21	21.3 X 2.3	1.08
3/4'	20x27	26.9 X 2.3	1.40
1'	26x34	33.7 X 2.6	1.99
1 1/4'	33x42	42.4 X 2.6	2.55
1 1/2'	40x49	48.3 X 2.9	3.25
2'	50x60	60.3 X 2.9	4.10
2 1/4'	60x70	70.0 X 2.9	4.80
2 1/2'	66x76	76.1 X 2.9	5.24
3	80x90	88.9 X 3.2	8.38
3 1/2'	90x102	101.6 X 3.6	8.70

En ce qui concerne les tubes ronds, noter que , malgré des caractéristiques
dimensionnelles identiques, les tubes "construction" ci dessus font l'objet de
normes différentes des tubes "canalisation" tels que ceux qui seront utilisés pour
la chaudière du capteur. Voir à ce sujet le Memento technologique

§ 4) POUR UN CAPTEUR PLUS IMPORTANT

1) En arête Sud

Dans le cas d'un capteur plus important que le petit capteur de 2 m², le même principe de tube-axe, de coulisse et de fourreau peut s'appliquer, à condition toutefois d'utiliser des tubes de section plus importantes. Il faudra également renforcer les dés de béton, notamment pour tenir compte de l'effort au soulèvement (réglementairement: 100 kg au m² de surface), du moins si les miroirs sont amarrés à la structure. Pour modifier la hauteur du tube-axe au cours de la saison, on pourra utiliser un ou deux crics de véhicule automobile. Pour retourner le capteur (sans le démonter bien sûr), il faudra quelques paires de bras supplémentaires.

2) Au Nord

Dans le cas d'un capteur de grandes dimensions, les variantes pour le système de pointage ne sont là aussi qu'affaire d'imagination et de disponibilité du matériel.

- pour manoeuvrer plus facilement une tige Artéon 20/23, on peut utiliser un cliquet de la série « Camion », avec une rallonge de 60 ou 80 cm
- il existe des vérins à vis de gros diamètre, utilisés pour régler les pieds d'échafaudage, voir Axmann.fr/ les produits/ socles à vérins. Les vérins à vis, comme les tiges Artéon, peuvent être prolongés par des tubes de section adéquate, que l'on perce de part en part à intervalles réguliers pour les manoeuvrer avec une simple barre de fer, à hauteur d'homme.
- Lorsque la hauteur de levage devient importante, on peut remplacer le système vis/écrou par un mat simplement posé au sol, guidé par les jumelles, équipé d'un tire-fort à hauteur d'homme, et d'une poulie de renvoi en tête de mat.
- s'il y a besoin, dans le cas d'un grand capteur, on peut stabiliser la structure avec deux béquilles latérales

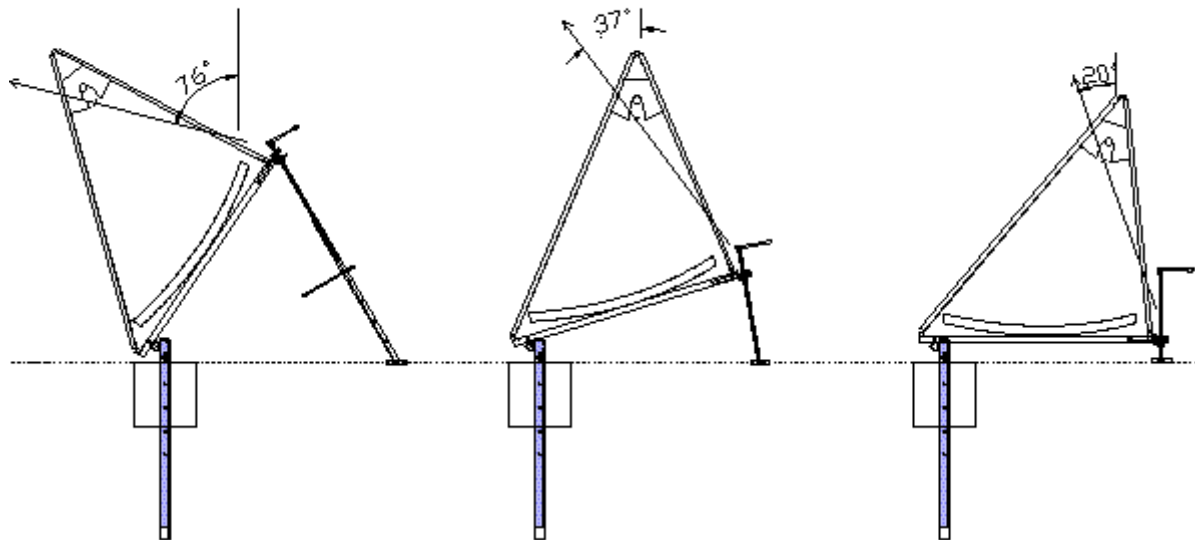
Noter que ce système de manoeuvre travaille "en compression", mais absolument pas en traction. Dans un cas extrême, par exemple tempête venant du Nord alors que les miroirs seraient amarrés sur la structure, il n'empêcherait pas un basculement de la structure. En cas de doute, un cordage reliant le capteur à un piquet ou à un lest lèvera les appréhensions.

Petit calcul au sujet de l'amplitude quotidienne du pointage du capteur de 2 m², à la période des solstices

L'amplitude quotidienne de pointage du capteur est la plus importante à la période des solstices (22 Juin, ou 22 Décembre), à savoir 8° entre 9 h et 15 h. La longueur de la traverse Nadir y compris les jumelles est de 1.60 m. Son extrémité monte puis descend (ou descend puis monte, selon la saison) d'environ 0.22 m. Le pas de vis des tiges de coffrage Artéon est de 10 mm. Le pointage du capteur nécessite donc entre zéro et 22 tours de vis le matin, et autant l'après midi dans l'autre sens. Faut-il automatiser ?

§ 5 Evolution du système de pointage au cours de la saison

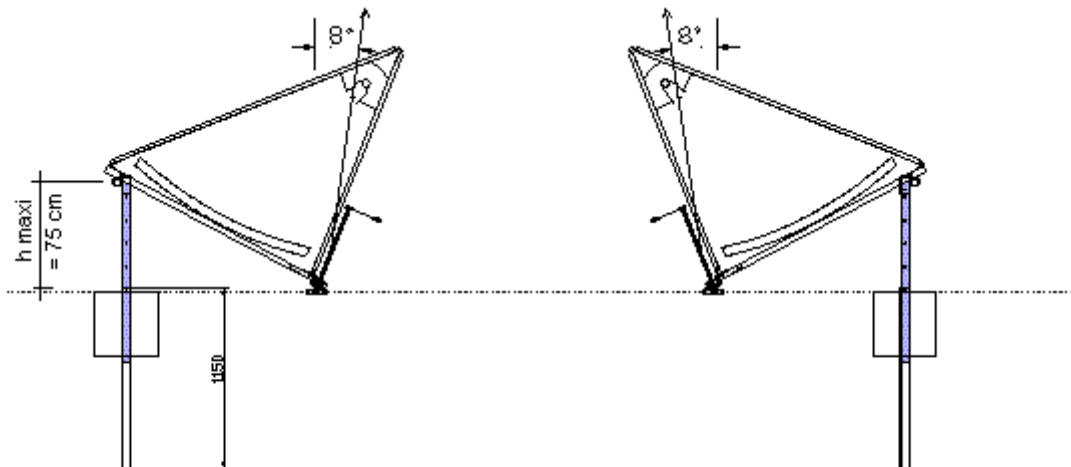
(la position varie également en fonction de la latitude)



Position extrême, correspondant à une latitude de 46° , au solstice d'hiver, à 9 hoo ou 15 hoo.

Position du capteur à la latitude 46° à midi.

A 9hoo et 15hoo, il faut pouvoir basculer le capteur de 8° supplémentaires. Il faut donc surélever le tube-axe



Capteur cabré de plus de 8° au delà du zénith, correspondant à sa position à 9ho ou 15hoo à la latitude du Tropique au solstice d'été; au delà de cette latitude, c'est à dire entre les Tropiques, il est préférable de retourner le capteur.

La durée du retournement est d'autant plus longue que l'on se rapproche de l'Equateur. A l'Equateur, chaque retournement dure six mois, et il convient de l'effectuer aux alentours de l'Equinoxe.

Valeur de h (= hauteur du tube-axe au dessus du sol) pour un fonctionnement du capteur au jour du solstice d'été, de 9hoo à 15hoo, y compris une garde de 10 cm pour tenir compte de l'encombrement des colliers, écrous, etc...

Latitude	hauteur h
46°	20 cm
40°	37 cm
30°	58 cm
Tropique 23.5°	75 cm