

# LE PROS PAN KLIMA DEMYSTIFIE

## RECAPITULATION DES RECHERCHES

### DE QUOI S'AGIT-IL ?

D'un cadran antique mystérieux dont l'étude a été lancée par Mr.Paul Gagnaire avec la présentation du cadran du Crêt-Châtelard (voir Cadran Info n°22) , au sujet duquel Mr.Denis Savoie s'est posé de nombreuses questions , dont cette dernière : "est-ce vraiment un cadran solaire ?" ( La description de cet instrument bizarre a été donnée en annexe de la version CD de Cadran Info )

"Pros pan klima" signifie : à tous les climats (à toutes les latitudes) , ce qui en ferait un instrument universel .

### EXISTE-IL d'autres exemplaires du P.P.K.?

Il est mentionné dans différents ouvrages dont , à notre connaissance :

- "Mesure du temps et de l'espace" par S.Guye et H.Michel . Un croquis avec l'alidade perpendiculaire au limbe . Découvert à Bratislava (Tchecoslovaquie), il serait d'origine romaine et du IIIe s.av.J.C.
- " Les cadrans solaires" de R.Rohr . Croquis d'un modèle avec l'alidade couchée sur le limbe qui serait exposé à Oxford .
- " L'histoire du temps" par Kristen Lippincott . Photographie d'une copie en laiton faite à partir de fragments grecs très anciens . Visible au muséum des sciences à Londres .
- " Les cadrans solaires en Gascogne gersoise" . Brochure de 1997 d'une société archéologique rédigée avec l'aide de Mr.Claude Guicheteau (SAF) qui décrit un PRO PAN KLIMA découvert près de Bratislava en 1896 daté du IIe s.après J.C.(?). visible au muséum des sciences à Oxford .

On voit qu'il y a un peu de confusions dans les informations transmises par les ouvrages .

### QUE SAVONS-NOUS SUR SON UTILISATION ?

Les différents ouvrages cités manquent de précision sur son utilisation . Il faut se reporter à l'article clair et complet de C.Guicheteau (Cadran Info n°23) pour en savoir plus sur l'instrument et pour rectifier certaines erreurs commises . On peut même affirmer que le cadran de Crêt-Châtelard fait parti des P.P.K. mais qu'il est amputé du gnomon sur l'alidade . On sait aussi que le P.P.K. fonctionne très bien pour donner les heures temporaires connaissant la latitude et la déclinaison du soleil (gravées

sur le disque de l'instrument) .

Le plus surprenant avec le P.P.K. c'est qu'il peut être actualisé et être utilisé de nos jours pour différentes opérations comme la recherche de la latitude , de la hauteur et de la déclinaison du soleil . Mais surtout pour connaître "l'heure" actuelle en adaptant les gravures de l'hypoténuse courbe de l'alidade , laquelle pourra aussi faire du croquis erroné de R.Rohr un excellent cadran de hauteur ( voir la réalisation Marchal de 1995) .

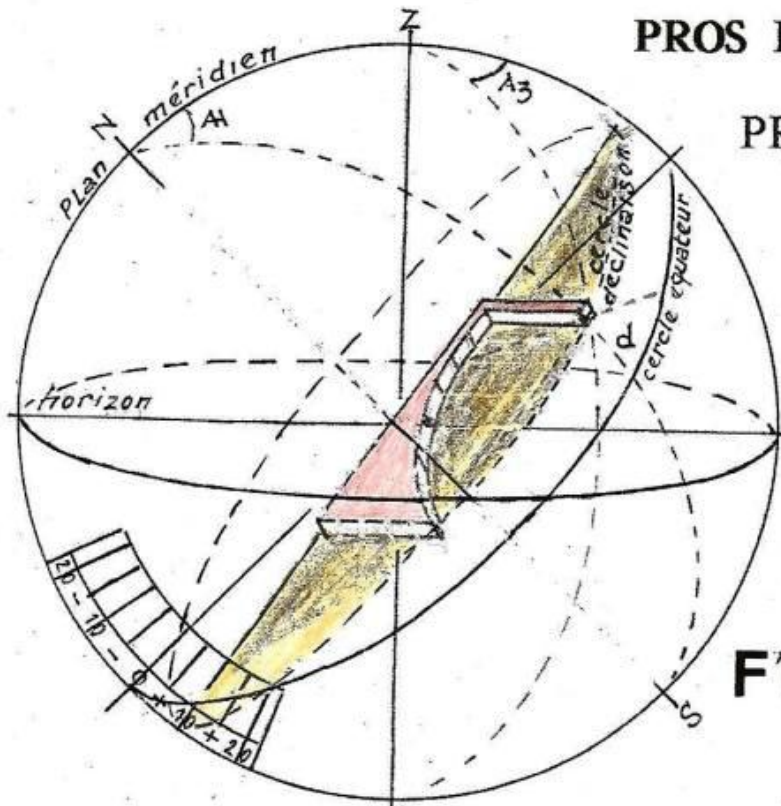
### QU'EST SON PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT ?

Mr. Claude Guicheteau a expérimenté le P.P.K. et a très bien expliqué son utilisation pour connaître la division temporaire d'une journées de la période antique , mais il n'a pas expliqué le principe de fonctionnement de cet instrument étonnant .

C'est ce que nous allons tenter de faire ci-après .

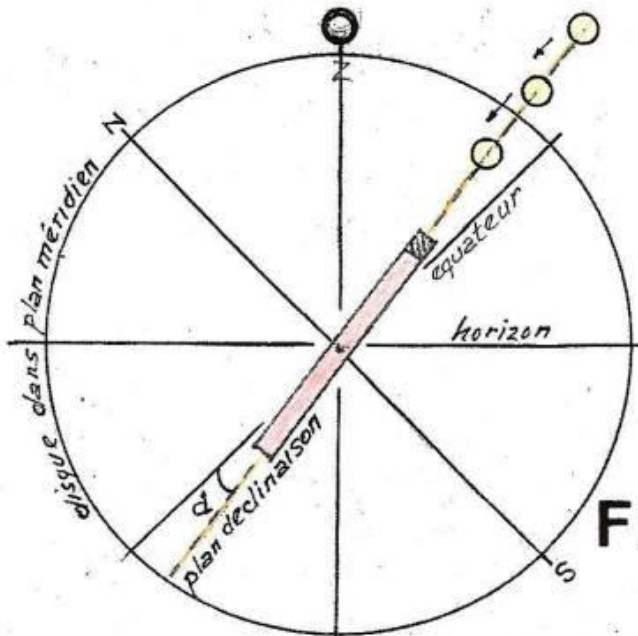
# PROS PAN KLIMA

## PRINCIPE



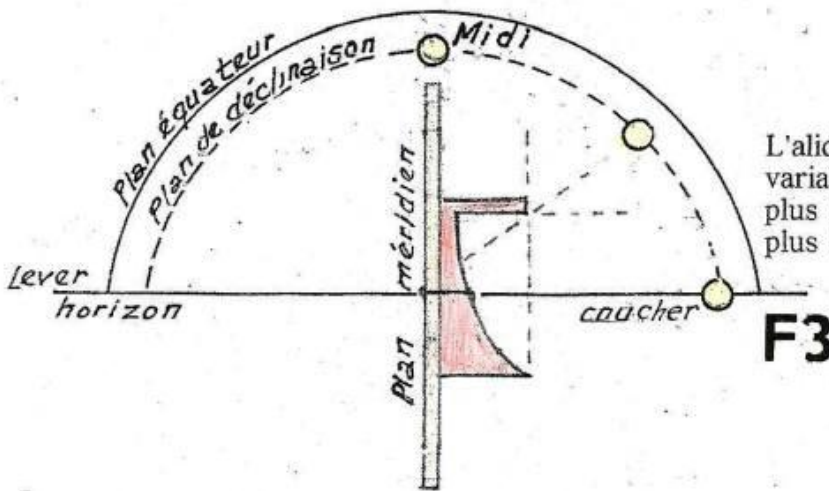
Le P.P.K. dans la sphère céleste

**F1**



Le plan de l'alidade est dans le plan de la déclinaison du soleil. Elle peut suivre toute sa course.

**F2**



L'alidade mesurera un temps variable entre le soleil le plus haut (méridien) et le plus bas (horizon)

**F3**

# PROS PAN KLIMA

## PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

Suite à l'article de Cl.Guicheteau sur Cadran Info N°23 qui affirme que le P.P.K. à alidade debout "marche très bien" , j'ai repris l'étude que j'avais faite en 2010

En positionnant l'instrument dans une sphère céleste (F1) j'ai compris son fonctionnement qui est très ingénieux , surtout pour l'époque . Mon interprétation précédente a été faussée par des explications d'utilisation fausses ou incomplètes (le disque face au soleil) et par mon obstination à vouloir lire des temps réguliers alors que le P.P.K. par son principe ne lit que des heures variables .

SON PRINCIPE EST CELUI-CI . Pour une latitude donnée le limbe (disque) est placé dans le plan méridien et l'alidade est inclinée suivant le plan de la déclinaison solaire avec le gnomon vers l'astre (F2) . L'alidade pourra ainsi suivre la course du soleil durant ½ journée . Par sa forme et sa disposition elle va pouvoir l'enregistrer depuis son passage supérieur (midi) jusqu'à son passage à l'horizon (lever/coucher) (F3) . Mais comme la course du soleil sur ½ journée est différente suivant la date et la latitude , notre P.P.K. enregistrera sur l'hypoténuse courbe des durées variables qui seront fractionnées en 6 parties (heures temporaires) . Ce principe est valable pour la face du disque présentée à l'ouest (PM) qui est celle de notre démonstration , comme pour celle présentée à l'est (AM) – Il est plus logique de graver la face AM- Dans les 2 cas la tranche du disque donne le méridien du lieu .

Il était donc impossible que mon expérimentation première réussisse avec des heures égales .

2me demi-journée . Le principe établi ne concerne qu'une demi-journée (Ante Méridien AM ou Post Méridien PM). Il reste à connaître un procédé pour les heures temporaires de l'autre demi-journée . Il y a 2 possibilités :

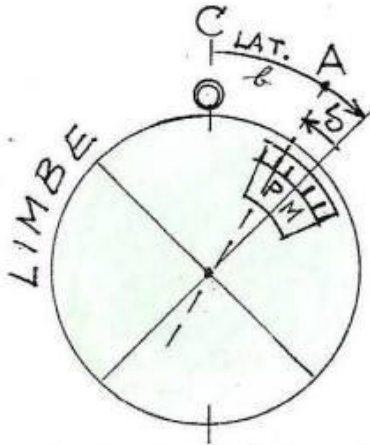
I) Le disque PM est réglé pour l'après midi puis il est tourné vers l'est sans changer les réglages , et par une lente rotation du disque on recherche à nouveau l'alignement parfait du soleil avec le gnomon et l'hypoténuse courbe (F4) . Ce qui revient à rechercher le plan de déclinaison solaire . La tranche du limbe n'indique plus le plan méridien . Pour contrôle , à durée équivalente par rapport à midi , les lectures PM et AM sont les mêmes .

Au lieu d'utiliser un tracé PM comme celui qui est présenté on peut prendre

un tracé AM comme celui du P.P.K. de Bratislava et pour l'après midi , avec le même réglage , on tourne la face AM vers l'ouest pour retrouver par lents pivotements le plan de déclinaison solaire .

II) La deuxième solution (F5) consiste à ajouter à l'un ou l'autre disque mobile (PM ou AM) un tracé de déclinaisons solaires à  $45^\circ$  de l'existant , ce qui permettra de passer du matin à l'après midi (ou inversement) sans avoir à rechercher le plan de déclinaison du soleil et en conservant la tranche du disque dans le plan N/S . Le gnomon sera toujours dirigé vers l'astre , mais on utilisera la colatitude .

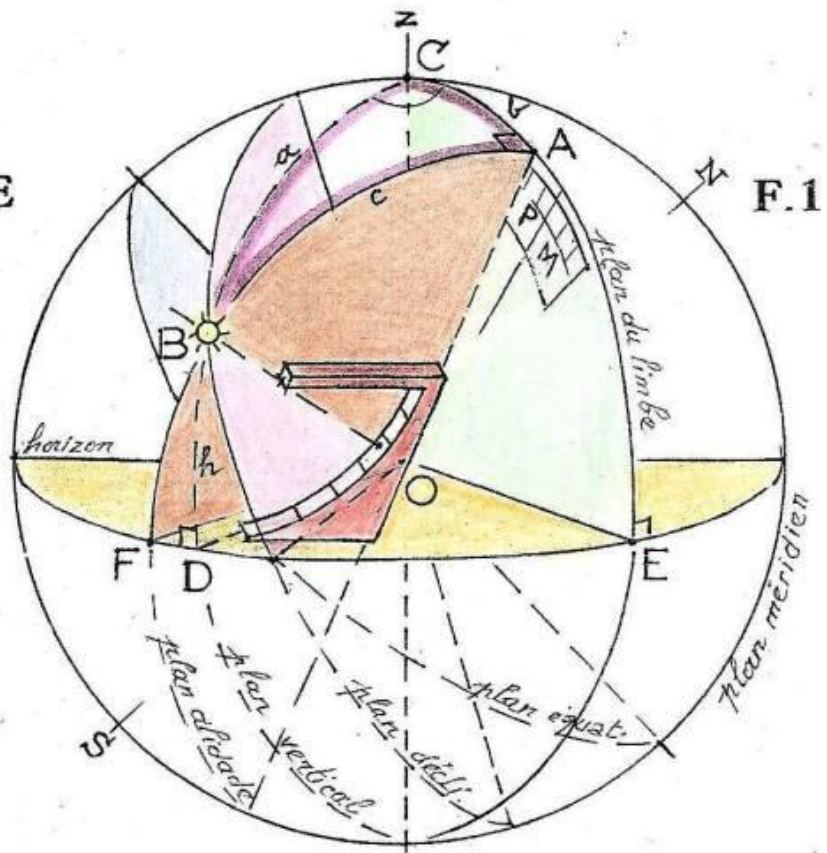
# ALIDADE INVERSEE INSEREE DANS LA SPHERE CELESTE



Recherche du côté CA(b)  
du triangle sphérique

$$b = \text{LAT} - \text{décli}$$

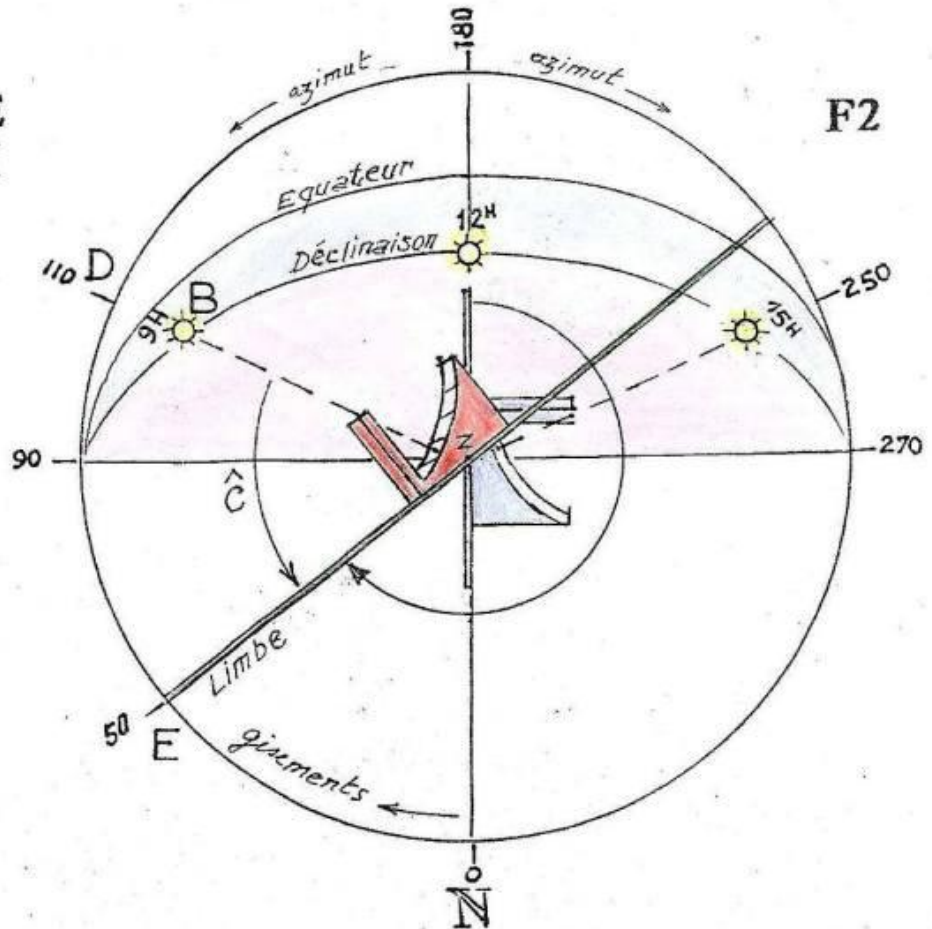
$$a = 90^\circ - h$$



Le triangle sphérique rectangle ABC  
donne l'angle de fuseau DÔE

$$\cos \hat{C} = \text{tg } b \cdot \text{ctg } a$$

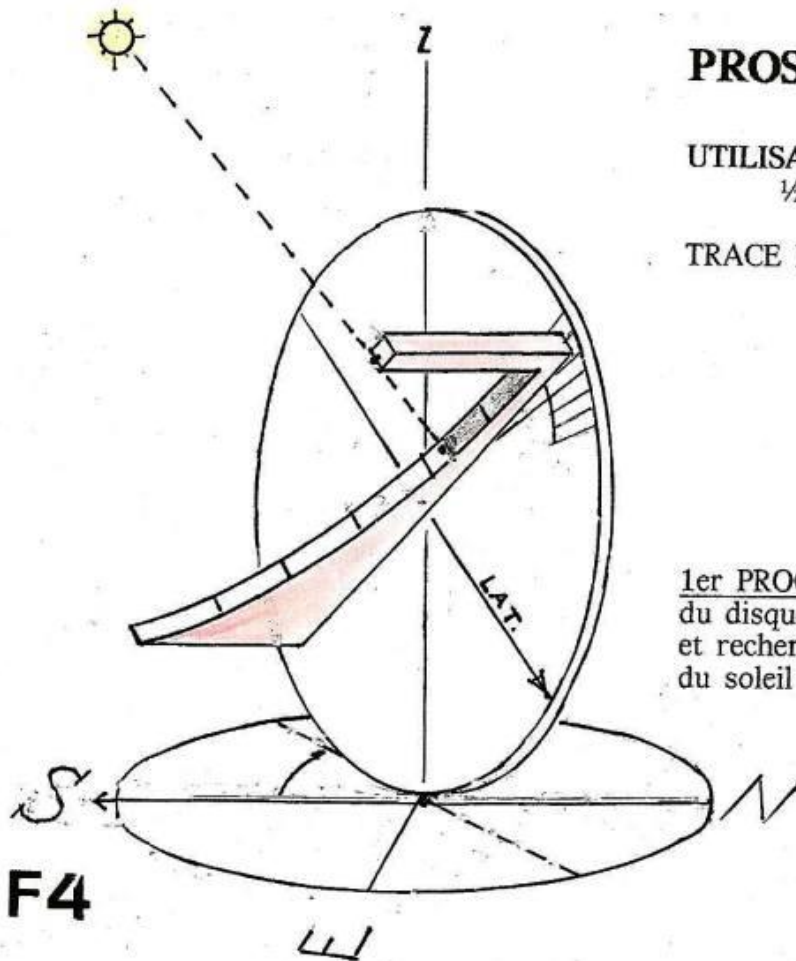
# LE PPK INSEREE VU DU ZENITH



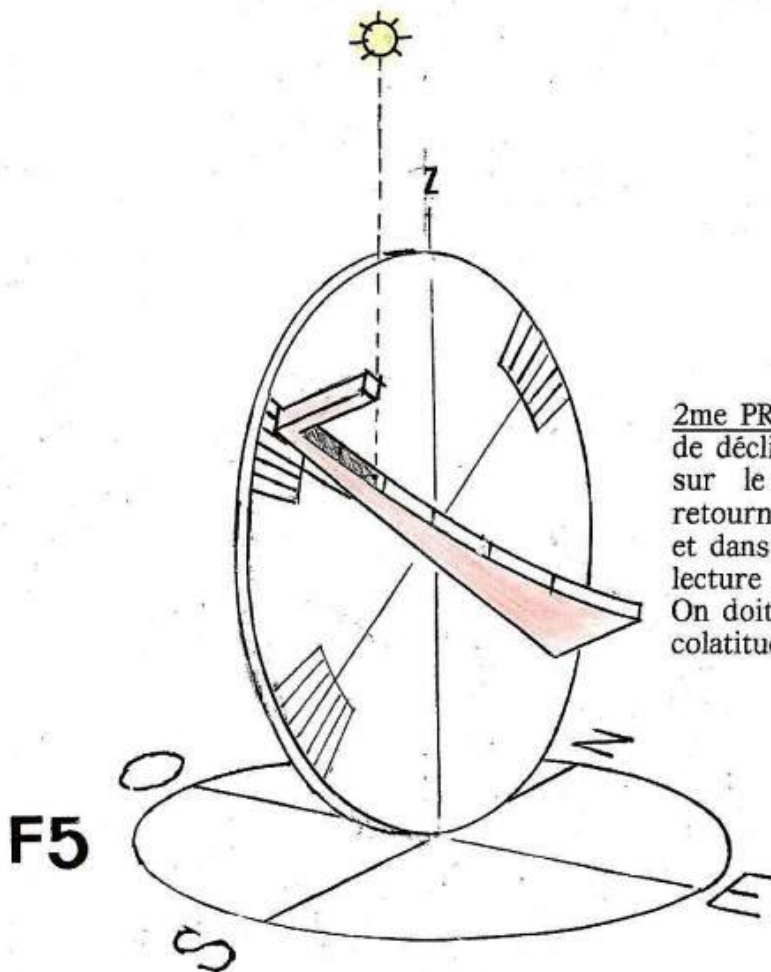
# PROS PAN KLIMA

UTILISATION POUR L'AUTRE  
½ JOURNÉE

TRACE PM MESURE EN AM



1er PROCÉDE avec rotation  
du disque gravé PM vers l'est  
et recherche de la déclinaison  
du soleil .



2me PROCÉDE Avec un tracé  
de déclinaison supplémentaire  
sur le petit disque il suffit de  
retourner le limbe face à l'est  
et dans le plan méridien pour la  
lecture de l'autre ½ journée .  
On doit alors se régler sur la  
colatitude ;

# PROS PAN KLIMA

## PRINCIPE DE L'ALIDADE INVERSEE

### INTRODUCTION

Nous avons déjà expliqué le principe qui permet au PPK de donner des heures temporaires pour une demi-journée avec le limbe nord/sud . Il nous reste à expliquer le principe de l'alidade inversée pour l'autre demi-journée .

Nous savons qu'il faut obtenir l'alignement parfait astre/gnomon/hypoténuse par un pivotement du limbe , lequel ne sera plus nord/sud mais aura un azimuth (ou gisement) quelconque . Mais lequel ? peut-on le connaître à l'avance ? quel est le rapport entre la direction du limbe et le jour et l'heure de l'observation ?

J'ai la réponse à ces questions , mais pour vérifier ma théorie j'ai dû faire un certain nombre de mesures et cela n'a été possible qu'en stabilisant cet instrument trop sensible au vent . J'ai donc fabriqué un support pour le fixer à la verticale et par la même occasion ajouté un cercle azimuthal . La réalisation imparfaite (mi-carton mi-bois) est acceptable si on lui tolère une petite imprécision qui ne retire rien à la démonstration . Sa gravure est PM c'est à dire avec le limbe nord/sud pour l'après-midi à l'inverse du PPK de Bratislava .

### LE PRINCIPE

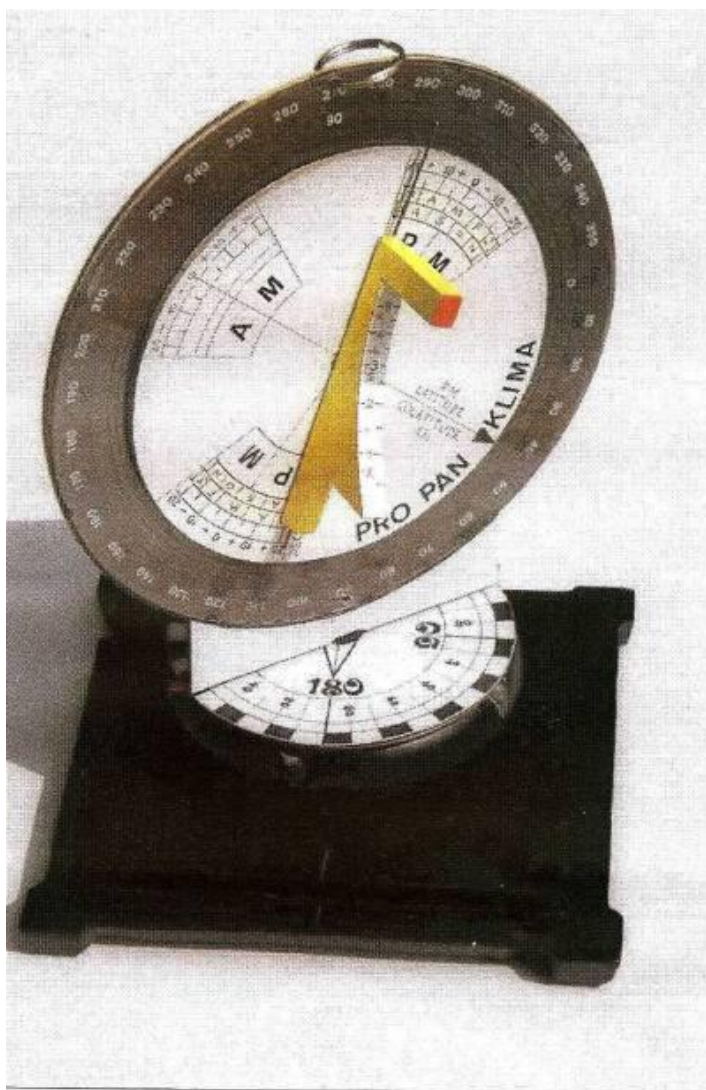
Pour le comprendre il faut raisonner en 3 dimensions au travers de la sphère céleste , voir F.1 .

Comme à durée équivalente par rapport à midi , les lectures PM et AM sont les mêmes , cela veut dire qu'elles sont toutes les deux dans le plan de la déclinaison solaire (F.2) . Au vu de la sphère , OB et OA déterminent un plan perpendiculaire au limbe(OABF) lequel , ajouté au plan vertical OCB D passant par l'astre et au plan du limbe OCAE , nous donne le triangle sphérique rectangle ABC dont la résolution répondra aux questions posées .

Nous connaissons la latitude , la déclinaison du jour et nous pouvons connaître la hauteur et l'azimut de l'astre pour l'instant donné , donc :  $\cos \hat{C} = \text{tgb.ctga}$   
Qu'est-ce que l'angle  $\hat{C}$  ? c'est l'angle de fuseau  $\hat{D}\hat{O}\hat{E}$  qui va nous permettre de connaître la direction du limbe par rapport à l'azimut de l'astre (F.2) .

$$\text{gisement du soleil} - \hat{C} = \text{gisement du limbe} .$$





### STABILISATION DU PROS PAN KLIMA

L'instrument est planté verticalement sur une base nivelée portant un cercle azimutal . Il se sort facilement pour une utilisation mobile .

L'hypoténuse comporte 2 sortes de divisions . En rouge , elles sont angulaires , en noir nous avons les 6 divisions temporaires

Le tableau d'observations ci-après démontre l'exactitude de ma démonstration en comparant le gisement du disque lu sur l'instrument , et le gisement calculé avec le triangle sphérique . Les quelques écarts (très faibles) ne peuvent pas contredire ma théorie .

C'est grâce à l'immobilisation du PPK et au cercle horizontal que j'ai pu faire apparaître l'influence de la réfraction sur les lectures .

A. MARCHAL 2011

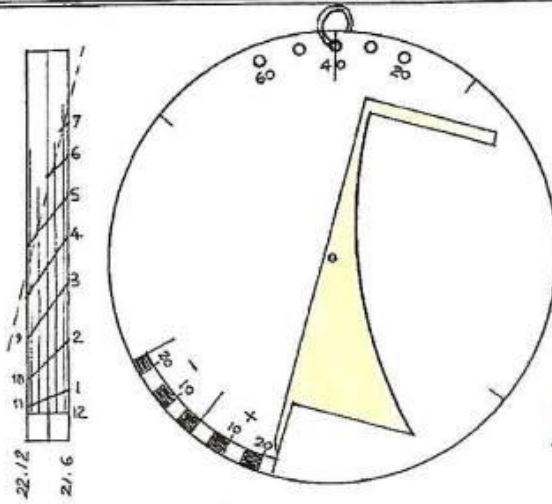
AM				PM				CALCULS				MESURES PPK				MESURES PPK				CALCULS										
date	devis	heure	angle	vue du Zenith	date	devis	angle	vue du Zenith	date	devis	angle	vue du Zenith	Temp	devis	angle	Temp	devis	angle	Temp	devis	angle	Temp	devis	angle	Temp	devis	angle			
16/05	+19 (71)	6 <sup>H</sup> 13	355	⊙	16/05	+19 (71)	355	⊙	16/05	+19 (71)	355	⊙	5.5	78	15.2	6	206	5	269.5	5.5	78	15.2	6	206	5	269.5	5.5	78	15.2	
"	"	7 <sup>H</sup>	5	⊙	"	"	5	⊙	"	"	5	⊙	4.5	85.8	23.7	7	180	13.5	284	4.5	85.8	23.7	7	180	13.5	284	4.5	85.8	23.7	
"	"	8 <sup>H</sup>	23.5	⊙	"	"	23.5	⊙	"	"	23.5	⊙	3.65	96.2	34.5	8	180	24	274.2	3.65	96.2	34.5	8	180	24	274.2	3.65	96.2	34.5	
"	"	9 <sup>H</sup>	45	⊙	"	"	45	⊙	"	"	45	⊙	2.8	108.5	45.2	9	180	35	263.8	2.8	108.5	45.2	9	180	35	263.8	2.8	108.5	45.2	
"	"	10 <sup>H</sup>	74	⊙	"	"	74	⊙	"	"	74	⊙	1.9	124.7	54.9	10	180	46	251.5	1.9	124.7	54.9	10	180	46	251.5	1.9	124.7	54.9	
"	"	11 <sup>H</sup> 02	118	⊙	"	"	118	⊙	"	"	118	⊙	1	148	62.4	11	180	55.5	235.3	1	148	62.4	11	180	55.5	235.3	1	148	62.4	
23/05	+20.5 (69.5)	10 <sup>H</sup>	70	⊙	23/05	+20.5 (69.5)	70	⊙	"	"	70	⊙	1.85	123	56	12	180	66	180	1.85	123	56	12	180	66	180	66	180	66	180
17/5	+19.2 (70.8)	9 <sup>H</sup> 30	53.5	⊙	17/5	+19.2 (70.8)	53.5	⊙	17/5	+19.2 (70.8)	53.5	⊙	2.5	115.7	50.3	17	305	50.5	244.3	2.5	115.7	50.3	17	305	50.5	244.3	2.5	115.7	50.3	

PROS PAN KLIMA

SERIE D'OBSERVATIONS AVEC INSTRUMENT STABILISE SUR SUPPORT NIVELE

- Toutes les mesures ont été faites avec un instrument grave pour PM à l'exception de celles du 17/5 qui ont utilisé la gravure AM
- Les pentes (ou hauteurs solaires) ont été mesurées avec un clinomètre. CALCULS les gisements et hauteurs du soleil sont obtenus avec la latitude, la déclinaison et l'angle horaire - Les gisements du disque sont:  $G^{\circ} = \text{arctg} - \bar{C}$ ;  $\text{cos } \bar{C} = \text{tg}(\text{LAT} - \bar{S}) \cdot \text{tg } \bar{h}$   $\text{LAT} = 43^{\circ}$
- Pour les mesures avec le disque fixe N/S (180°) on constate qu'à partir de 15H l'ombre quitte progressivement l'hypoténuse à cause de la réfraction. Pour conserver l'alignement et la bonne mesure il faut faire pivoter le disque.

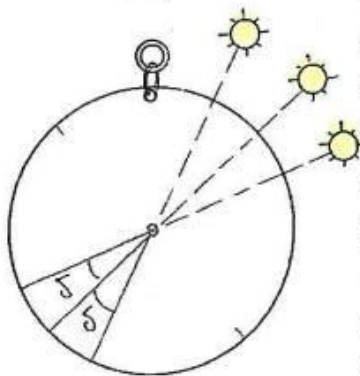
## DISQUE HORAIRE DES HAUTEURS SOLAIRES



1995  
PROS PAN KLIMA  
 revu par A. MARCHAL

Inspiré du croquis d'un cadran de hauteur romain, ce modèle est très proche de l'anneau horaire avec oeilleton mobile.

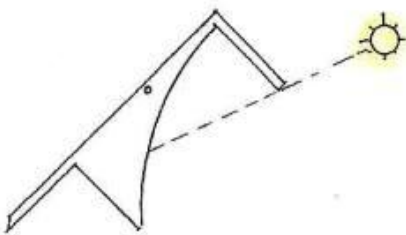
Principe. Depuis une latitude donnée on pointe sur une surface courbe l'ombre d'un marqueur aux différentes hauteurs du soleil dans la journée. Mais il faut savoir que pour une latitude et une heure données la hauteur du soleil varie tout au long de l'année. Cette variation est due à 2 causes : la déclinaison solaire change chaque jour en passant de  $+23^\circ$  à  $-23^\circ$  ; les distances angulaires entre chacune des heures varient au cours de l'année (variation des hauteurs mais aussi des azimuts). Il est donc nécessaire de pointer les hauteurs aux équinoxes et aux solstices sur des lignes différentes. En joignant les pointés de même numérotation on obtient des lignes horaires inclinées. Si on traite le réglage de la déclinaison hors de la surface courbe, les lignes horaires seront moins inclinées et plus précises.



### Description.

- un disque pesant avec l'anneau porteur pincé à une latitude donnée et le tracé des déclinaisons solaires de part et d'autre de l'équateur (équinoxes).
- une alidade un peu particulière, couchée sur le disque, faite d'un marqueur et d'une règle courbe pour les heures, qui parcourt les divisions de la déclinaison solaire.

La lecture horaire se fait en réglant l'alidade sur la date (ou déclinaison) et en tournant la règle gravée face au soleil. La ligne verticale la plus proche de la date traversée par l'ombre donnera l'heure cherchée.



### REALISATION

Pour bien faire apparaître les variations de hauteurs solaires par rapport à la latitude, à la date et à l'heure, nous avons établi 2 tableaux de hauteurs. Ensuite nous verrons la meilleure façon d'appliquer le principe décrit, puis nous établirons les tableaux de calculs avant de tracer la grille étroite des heures pour la règle courbe.

EQUINOXES

variation des hauteurs solaires suivant la latitude

$\cos dz = \sin \text{colat} \cdot \cos A \quad ht = 90^\circ - dz$

LAT	12H	1H	2H	3H	4H	5H	6H	7H	8H
30°	60°	56,8	48,6	37,8	25,7	13°	0		
40°	50°	47,7	41,5	32,8	22,5	11,4	0		
43°30	46,5	44,5	38,9	30,9	21,3	10,8	0		
50°	40°	38,4	33,8	27°	18,7	9,6	0		
60°	30°	28,9	25,7	20,7	14,5	7,4	0		
H/12h =	1	0,95	0,83	0,66	0,46	0,23	0		

LAT = 43°,5

variation des hauteurs solaires suivant la date

	$\delta$	12H	1H	2H	3H	4H	5H	6H	7H	8H
21/6	+23,4	69,9	66,4	58,2	48,1	37,3	26,5	15,9	5,8	-3.4
Equi.	0	46,5	44,5	38,9	30,9	21,3	10,8	0		
22/12	-23,4	23,1	21,7	17,6	11,4	3,4	-5,8			

La courbure de l'alidade évite les tg trop fortes ( $\infty$  à 12h)

Recherche du rayon (si non connu)  $R = c^2 / 8f + f/2$

$c = \text{corde} = 66 \quad f = \text{flèche} = 7,5 \quad R = 75$

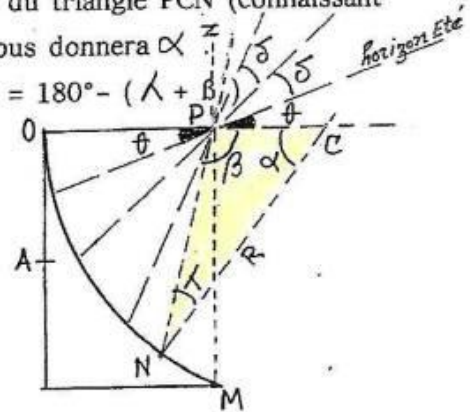
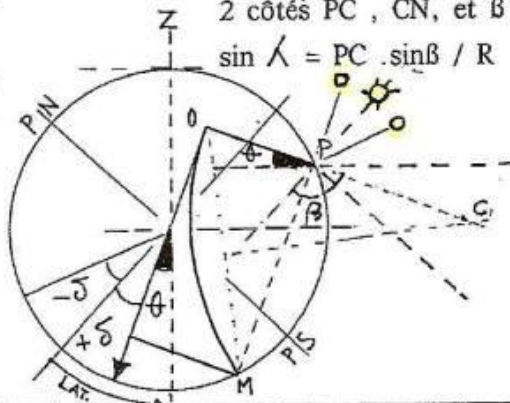
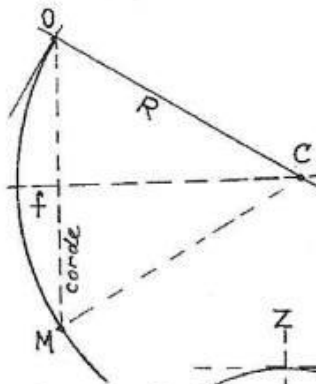
Pour une utilisation optimale de la courbure,  $\theta$  doit être minimum donc l'index de l'alidade sur la décl. du 21/6

Recherche de la longueur des arcs connaissant OP, R, et les hauteurs (ht) par la résolution du triangle PCN (connaissant

2 côtés PC, CN, et  $\hat{B}$ ) qui nous donnera  $\alpha$

$\sin \hat{A} = PC \cdot \sin \hat{B} / R$

$\alpha = 180^\circ - (\hat{A} + \hat{B})$



$\theta = \text{LAT} - 23,4 = 20,1$	$R = 75$	$OP = 26$	$PC = R - OP = 49$	$O,0174 R = 1,305$				
EQUINOXES	Correction de hauteur = $\theta + \delta = 20,1 + 23,4 = +43,5$							
Heures	12H	1H	2H	3H	4H	5H	6H	7H
hc=haut. corrigée	90	88	82,4	74,4	64,8	54,3	43,5	
$\hat{B} = 180^\circ - hc$	90	92	97,6	105,6	115,2	125,7	136,5	
$\sin \hat{A} = (PC \cdot \sin \hat{B}) / R$	40,8	40,8	40,4	39	36,2	32	26,7	
$\alpha = 180^\circ - (\hat{A} + \hat{B})$	49,2	47,2	42	35,4	28,6	22,3	16,8	
$\widehat{ON} = O,0174 R \cdot \alpha$	62,2	61,6	54,8	46,2	37,3	29,1	21,9	
HIVER 22/12	Correction de hauteur = $20,1 + 46,9 = +67$							
hc=haut. corrigée	90	88,7	84,6	78,4	70,4	61,2		
$\hat{B} = 180 - hc$	90	91,3	95,4	101,6	109,6	118,8		
$\sin \hat{A} = (PC \cdot \sin \hat{B}) / R$	40,8	40,8	40,6	39,8	38	34,9		
$\alpha = 180^\circ - (\hat{A} + \hat{B})$	49,2	47,9	44	38,6	32,4	26,3		
$\widehat{ON} = 0,0174 R \cdot \alpha$	64,2	62,5	57,4	50,4	42,3	34,3		