	Société d'Astronomie Populaire	
	1, Avenue Camille Flammarion - 31500 Toulouse	Ed du 06/06/07
	Association agréée Jeunesse et Sport N°31-590	Page : 1/34

PROJET

COUPOLE VITRY

LUNETTE 38 CM

DETERMINATION DU PLAN FOCAL

Animatrice Principale du Projet	France Wéry
Personnes ayant coopérés	
Conception Analyse et Rédaction :	François Courtay
Relecture :	Jacques Lauga
Participation	
Relecture et Analyse :	A. Gerber-Gaillard - J. Lauga - N. Mandi - E. Poquillon - R.Trottignon
Participants Actifs :	O. Durrieu - D. Lizzi
Autres Participants :	Adhérents de la SAP.

SOCIETE	COUPOLE VITRY	
D'ASTRONOMIE	LUNETTE 38 CM	Ed du 06/06/07
POPULAIRE	DETERMINATION PLAN FOCAL	Page : 2/34

Détermination Plan Focal

Sommaire

1. Préambule	page :	3
2. Objectif des manipulations	page :	4
3. Présentations des résultats obtenus	page :	5
4. Aspect - Plans de références	page :	6
5. Méthodes	page :	7
6. Description de la méthode « Pointeur laser »	page :	7
7. Schéma de principe	page :	9
8. Descriptions des manipulations	page :	10
9. Analyse	page :	11

Annexe 1 - Banc de mesures

Sommaire	Page :	13
1. Disposition générale	Page :	14
2. Description	Page :	14
2.1 Composition	Page°	14
2.2 Règles	Page°	14
2.3 Etrier coulissant	Page°	15
2.4 Etriers « Porte écran »	Page :	15
3. Photographies	Page :	16

Annexe 2 - Présentation des résultats

Sommaire

1. Introduction	page :	20
2. Méthodologie	page :	20
3. Analyse des enregistrements « rouge »	page :	22
4. Analyse des enregistrements « vert »	page :	26
5. Position plan focal	page :	30
6. Incertitudes	page :	31
7. Commentaires	Page :	34

SOCIETE	COUPOLE VITRY	
D'ASTRONOMIE	LUNETTE 38 CM	Ed du 06/06/07
POPULAIRE	DETERMINATION PLAN FOCAL	Page : 3/34

1. Préambule

Dans le cadre de ses activités la société d'astronomie populaire de Toulouse a formé le projet de réinstaller sur le site de l'observatoire de Jolimont à Toulouse, dans la coupole dite « coupole Vitry », une lunette astronomique. Ce projet est bâti autour d'éléments provenant des anciennes installations de l'observatoire.

Ces éléments comprennent notamment :

- Un objectif de 38 cm de diamètre et de six mètres de distance focale.
- Cet objectif, équipé de son barillet, était à l'origine partie intégrante d'une lunette de l'observatoire.
- Une coupole dénommée « coupole Vitry » dont la restauration est déjà réalisée.
- Une monture équatoriale dont les différentes parties ont été réimplantées dans la coupole après une première remise en état.

Les diverses opérations et travaux, qu'implique ce projet, font partie du dossier présenté aux autorités municipales et départementales, pour lequel elles ont déjà accordés leur soutien financier.

Ce dossier n'est pas présenté dans le présent document.

Afin que les divers acteurs, pressentis pour réaliser ce projet, puissent mener à bien leur action, il est nécessaire de connaître avec précision la position du plan focal de l'objectif vis-à-vis de ses éléments de fixation.

Ces opérations, indispensables à la définition correcte du tube constituant la lunette, ont été réalisées, avec les moyens disponibles au sein de la SAP par ses adhérents.

Le présent document présente :

- Les moyens mis en oeuvre,
- La procédure appliquée,
- L'exploitation des enregistrements effectués,
- Les résultats obtenus.

SOCIETE	COUPOLE VITRY	
D'ASTRONOMIE	LUNETTE 38 CM	Ed du 06/06/07
POPULAIRE	DETERMINATION PLAN FOCAL	Page : 4/34

2. Objectif des manipulations

Pour définir les éléments composant la future lunette, il est primordial de déterminer la position du plan focal image par rapport à la fixation du barillet.

Cette information permettra entre autre de choisir les dimensions du tube principal de la lunette, notamment sa longueur.

On rappelle que cette longueur doit être choisie de façon à permettre l'installation, à l'extrémité dévolue à l'observation, la place nécessaire à divers équipements, c'est-à-dire :

- Porte oculaire
- Appareil de photographie
- Lentille de Barlow
- Spectroscope
- Caméra
- Webcam
- Etc.

On rappelle ici que certains des équipements envisagés impliquent que le plan focal soit placé à l'extérieur du tube. Ce déport devra faire l'objet d'un examen spécifique lors du choix définitif de la longueur.

Le choix définitif de cette longueur sera à faire en tenant largement compte des incertitudes.

Les manipulations, présentées ci-dessous, ont donc pour objet de déterminer avec suffisamment de précision la position du plan focal image de la lentille afin d'optimiser le choix de cette longueur.

Remarque :

Les opérations décrites ci après ne sont pas destinées à mesurer la distance focale de l'objectif, mais seulement la position du plan focal image par rapport à un plan de référence choisi sur le barillet.

La connaissance précise de cette distance focale, proche celle obtenue à l'issue des manipulations, n'est pas indispensable.

On rappelle également que le barillet et les lentilles composant l'objectif ne doivent être en aucun cas dissociés.

Les manipulations ont été réalisées le samedi 24/03/07.

SOCIETE	COUPOLE VITRY	
D'ASTRONOMIE	LUNETTE 38 CM	Ed du 06/06/07
POPULAIRE	DETERMINATION PLAN FOCAL	Page : 5/34

3. Présentation des résultats obtenus

3.1. Synthèse des résultats

Les résultats complets et les aspects des enregistrements sont donnés en :

« Annexe 2 - Présentation des résultats »

On se reportera au § 4 "Aspect - Plans de référence" pour les définitions des références arrière et avant.

On se reportera au § 7 "Détermination plan focal" pour les formules appliquées.

Les valeurs retenues sont arrondies au mm.

3.2. Rouge

- Référence arrière :
 - Valeurs mesurées : 5977 mm
 - Valeurs calculées : 5958 mm
- Référence avant :
 - Valeurs mesurées : 6042 mm
 - Valeurs calculées : 6023 mm

3.3. Vert

- Référence arrière :
 - Valeurs mesurées : 5997 mm
 - Valeurs calculées : 5987 mm
- Référence avant :
 - Valeurs mesurées : 6062 mm
 - Valeurs calculées : 6052 mm

3.4. Incertitudes

On trouvera en Annexe 2 au § 6 les commentaires sur les incertitudes des résultats présentés.

- *Incertitudes probables* : $\leq \pm 30 \text{ mm}$
- *Incertitudes maximum* : $\leq \pm 55 \text{ mm}$
- *Incertitudes maximum pessimistes* : $\leq \pm 95 \text{ mm}$

Ces incertitudes sont considérées valides pour toutes les mesures ci dessus.

SOCIETE	COUPOLE VITRY	
D'ASTRONOMIE	LUNETTE 38 CM	Ed du 06/06/07
POPULAIRE	DETERMINATION PLAN FOCAL	Page : 6/34

4. Aspect - Plans de référence

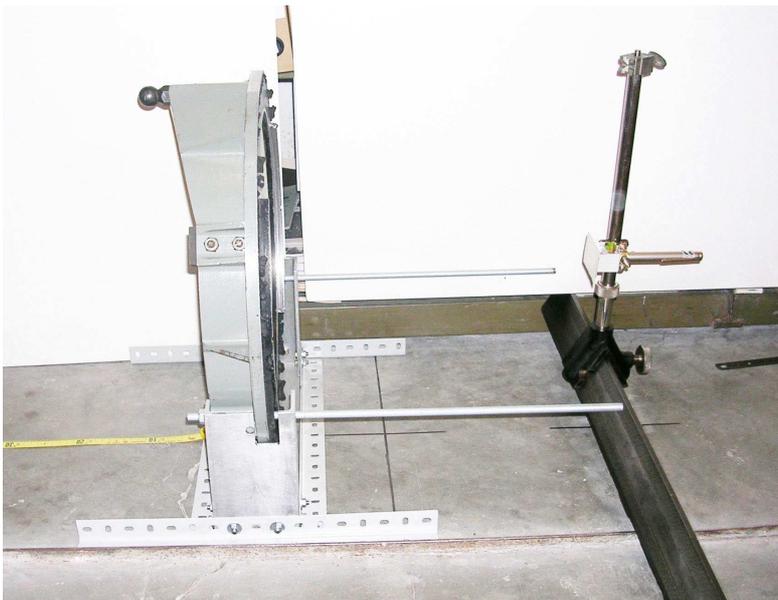
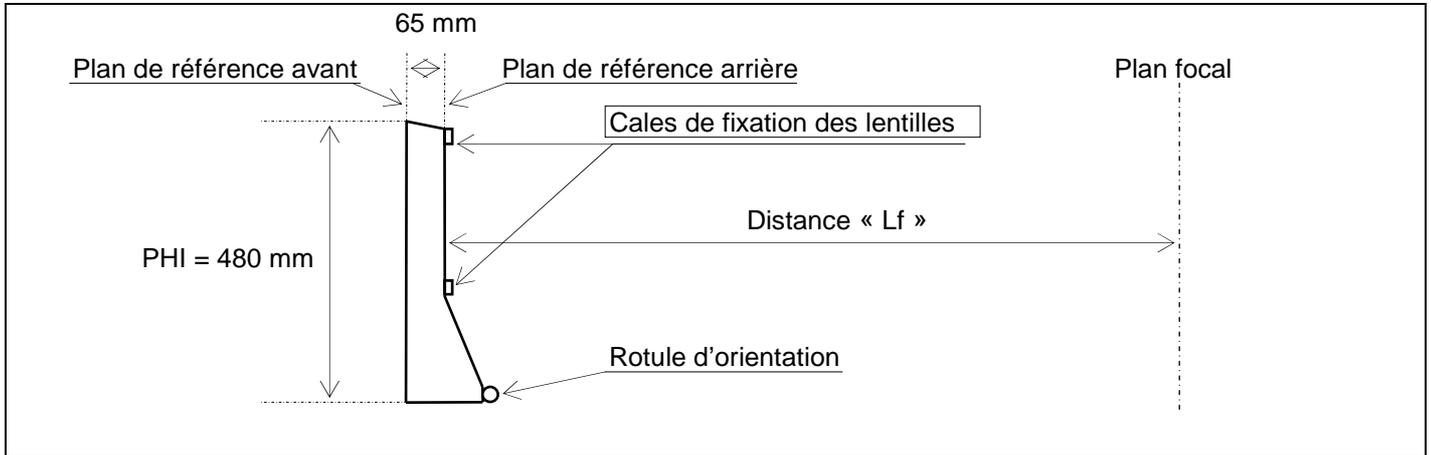


Photo du barillet sur le banc de mesures



Face de référence avant I

SOCIETE	COUPOLE VITRY	
D'ASTRONOMIE	LUNETTE 38 CM	Ed du 06/06/07
POPULAIRE	DETERMINATION PLAN FOCAL	Page : 7/34

5. Méthodes

Après diverses explorations, deux méthodes, basées sur des principes différents, ont été mises en œuvre.

Ces procédés sont :

- Utilisation d'un collimateur :
Après mise au point, sur un écran, de l'image d'une mire à l'infini fournie par un collimateur, on mesure la distance entre l'écran et un plan de l'ensemble « Barillet – Lentille ».
- Utilisation d'un pointeur laser :
Création de faisceaux laser parallèles traversant la lentille.
Repérage et mesure à l'aide d'écrans des trajectoires de ces faisceaux.
Détermination, par calcul, du point de croisement, de ces faisceaux, par rapport au plan de référence de l'ensemble « Barillet – Lentille ».

Cette dernière méthode, basée sur l'utilisation des principes de construction des images selon les lois de l'optique géométrique, a été retenue car elle permet une certaine indépendance vis-à-vis de l'opérateur. De plus les diverses étapes sont visibles directement par des observateurs extérieurs.

Dans le présent document on trouvera donc les résultats obtenus avec cette dernière méthode.

6. Description de la méthode « Pointeur laser »

6.1. Généralités

La méthode implique de disposer de faisceaux laser parallèles entre eux et éloignés l'un de l'autre.

Cette propriété est obtenue en appliquant un déplacement latéral au pointeur laser grâce à un étrier coulissant sur une règle rectifiée.

Ce dispositif permet d'obtenir des rayons parallèles avec la précision souhaitée.

Deux écrans, placés sur une règle parallèle à l'axe optique, permettent de matérialiser les trajectoires de ces rayons.

Ces écrans sont placés de part et d'autre du plan focal.

Un banc de mesure temporaire a été installé dans les locaux de l'association.

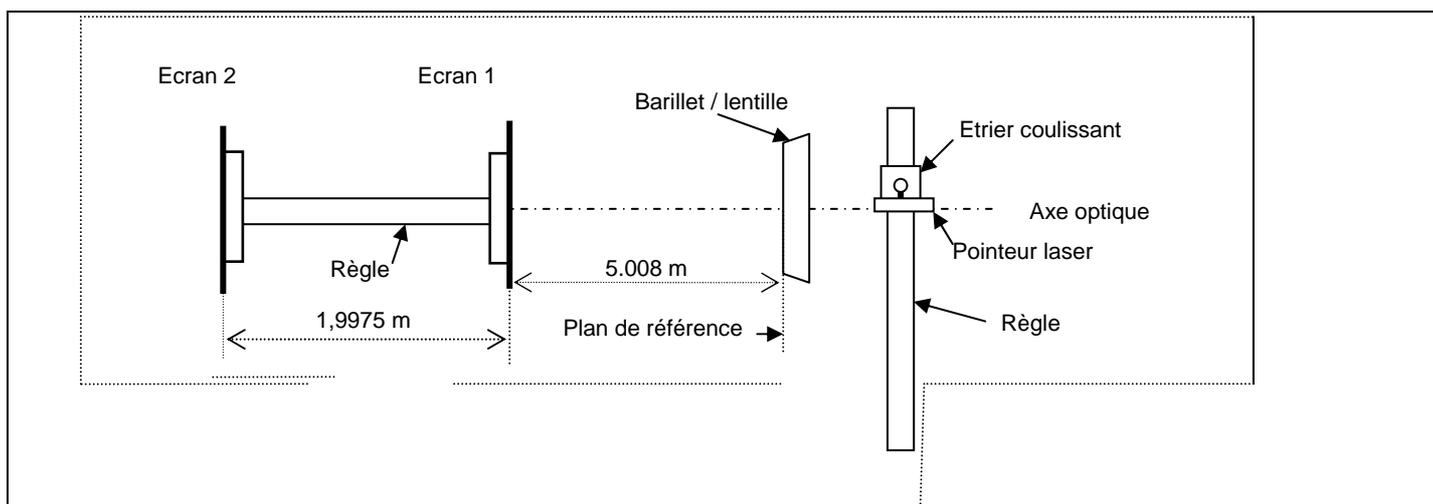
La description de l'installation est donnée en :

« Annexe 1 - Banc de mesures »

SOCIETE	COUPOLE VITRY	
D'ASTRONOMIE	LUNETTE 38 CM	Ed du 06/06/07
POPULAIRE	DETERMINATION PLAN FOCAL	Page : 8/34

6.2. Disposition générale

Le schéma ci-dessous montre la disposition générale de ce banc installé dans une annexe des locaux de la SAP.



6.3. Description

Il est constitué de :

- Deux règles rectifiées.
- Un étrier coulissant
- Deux étriers porte écran,

6.4. Pointeurs laser

Les relevés ont été effectués avec des pointeurs émettant dans deux longueurs d'onde différentes

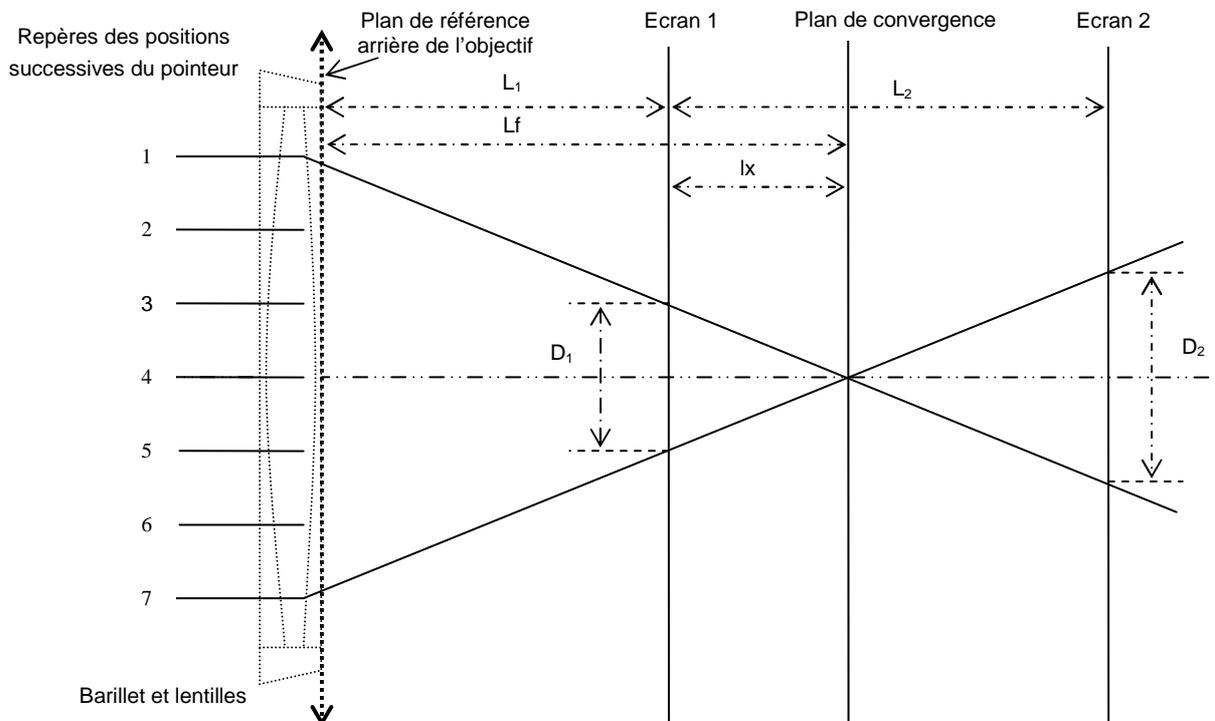
- Dans le rouge :
Longueur d'onde = 630 -680 nm (la notice ne précise pas plus).
- Dans le vert
Longueur d'onde = 532 nm

Les pointeurs laser utilisés fournissent des faisceaux suffisamment fins pour que l'on puisse négliger leur largeur.

L'expérience montre que le centre des spots ainsi projetés est aisément indentifiable avec une précision suffisante.

SOCIETE D'ASTRONOMIE POPULAIRE	COUPOLE VITRY	
	LUNETTE 38 CM	Ed du 06/06/07
	DETERMINATION PLAN FOCAL	Page : 9/34

7. Schéma de principe



Légende

- L_1 : distance mesurée entre le plan de référence arrière de l'objectif et l'écran n°1
- L_2 : distance mesurée séparant les deux écrans
- D_1 : distance entre les pointés, sur l'écran n°1, des faisceaux
- D_2 : distance entre les pointés, sur l'écran n°2, des faisceaux
- lx : distance comprise entre l'écran n°1 et le plan de convergence des faisceaux
- L_f : distance cherchée entre le plan de référence arrière de l'objectif et le plan de convergence

On a :

$$L_f = L_1 + lx \quad \text{avec} \quad lx = \frac{L_2 \times D_1}{D_1 + D_2}$$

Remarques :

En raison de la procédure appliquée, les pointés sur les écrans décrivent, avec une bonne approximation, un segment de droite.

La dispersion des pointés par rapport à la meilleure droite, obtenue par régression linéaire, donne l'ordre de grandeur des incertitudes dues à la méthode.

Afin de réduire l'influence des erreurs de pointés, les deux valeurs retenues pour D_1 et D_2 sont calculées avec les paramètres de la meilleure droite.

Les repères de position du pointeur correspondent aux cotes données dans le tableau suivante.

SOCIETE	COUPOLE VITRY	
D'ASTRONOMIE	LUNETTE 38 CM	Ed du 06/06/07
POPULAIRE	DETERMINATION PLAN FOCAL	Page : 10/34

8. Description des manipulations

On retrouvera en « Annexe 1 - banc de mesures » un schéma explicatif ainsi que des photographies montrant l'installation.

Deux étriers équipés, de supports transparents, sont disposés sur une règle longitudinale calée horizontalement dans le plan de symétrie de l'objectif. Le milieu de la règle est placé approximativement au niveau du plan focal.

Les faisceaux lasers émis parallèlement à l'axe optique de la lentille sont déviés par celle-ci et se projettent sur deux écrans disposés perpendiculairement à l'axe optique et de part et d'autres du plan focal recherché.

Les deux écrans, constitués de feuilles de papier blanc, sont fixés sur chacun des deux supports transparents.

La fixation de ces feuilles leur permet d'être relevées afin de laisser le libre passage des faisceaux. Elles retrouvent ensuite leur position initiale.

Un effet électrostatique donne un maintien quasi parfait des feuilles sur les supports (verre synthétique).

Sur ces feuilles, l'opérateur pointe au crayon le centre du faisceau laser.

La règle transversale est disposée perpendiculairement à l'axe optique puis calée horizontalement.

Un étrier coulissant, équipé du pointeur laser, est posé sur la règle transversale en face du milieu de la lentille.

Le faisceau du pointeur est autocollimaté avec le milieu de la lentille à la cote 250 mm (repère 4), voir tableau ci-dessous.

L'étrier est ensuite positionné sur chacun des points indiqués dans le tableau ci-dessous.

Repères	1	2	3	4	5	6	7
Cotes règle	100 mm	150 mm	200 mm	250 mm	300 mm	350 mm	400 mm

La précision du positionnement est estimée à 2/10 de mm (épaisseur de la graduation)

Pour chaque position le passage du faisceau est pointé sur chacun des écrans.

La feuille de l'écran 1 est relevée lors de chaque pointé sur l'écran 2. L'étrier n'étant pas déplacé entre les pointés « écran 1 » - « écran 2 ».

La suite des manipulations est répétée pour chaque longueur d'onde.

Les feuilles ainsi obtenues constituent donc les enregistrements des relevés. Elles sont identifiées par des annotations effectuées pendant les pointés ou immédiatement après.

SOCIETE	COUPOLE VITRY	
D'ASTRONOMIE	LUNETTE 38 CM	Ed du 06/06/07
POPULAIRE	DETERMINATION PLAN FOCAL	Page : 11/34

9. Analyse

9.1. Aspects des enregistrements

On trouvera en annexe 2 « Présentations des résultats » les photocopies des feuilles d'enregistrement.

Leur examen montre que tous les pointés présentent un très bon alignement.

Cette caractéristique justifie l'utilisation de régression linéaire pour améliorer la précision des résultats.

On trouvera en annexe 2 « Présentations des résultats » l'ensemble des résultats d'exploitation.

9.2. Méthode d'exploitation

Pour tous les enregistrements, les dépouillements ont été conduits suivant la procédure ci-dessous.

Opérations appliquées :

- Mesure brute des longueurs des segments compris entre les pointés {1 et 7}
- Traçage de deux axes de coordonnées arbitraires.
- Mesure, dans le repère ainsi créé, des coordonnées de chacun des pointés.
- Introduction des valeurs obtenues dans un tableur.
- Extraction de la meilleure droite par régression linéaire sur les coordonnées des points indicés.
La cote sur la règle n'intervenant pas dans la formule du chapitre 8, la régression est réalisée en fonction de l'indice {1 à 7} du repère des points (cf. tableau § 7)
- Avec les paramètres de la meilleure droite, calcul des coordonnées théoriques des pointés de mesures.
- Calcul des longueurs théoriques de :
 - D_1 : Correspondant aux points {1-7} de l'écran 1,
 - D_2 : Correspondant aux points {7-1} de l'écran 2,
- Calcul, à l'aide de la formule donnée (§ 7), de la distance du plan focal au plan de référence, dans les deux longueurs d'ondes à partir des résultats mesurés et calculés.
- Estimation des incertitudes en comparant les coordonnées réelles des pointés avec celles de leurs correspondants sur la meilleure droite.

SOCIETE	COUPOLE VITRY	
D'ASTRONOMIE	LUNETTE 38 CM	Ed du 06/06/07
POPULAIRE	DETERMINATION PLAN FOCAL	Page : 12/34

Page Intentionnellement Blanche

	Société d'Astronomie Populaire	
	1, Avenue Camille Flammarion - 31500 Toulouse	Ed du 06/06/07
	Association agréée Jeunesse et Sport N°31-590	Page : 13/34

ANNEXE 1

BANC DE MESURES

Sommaire

1.	Disposition générale	Page :	14
2.	Description	Page :	14
2.1	Composition	Page :	14
2.2	Règles	Page :	14
2.3	Etrier coulissant	Page :	15
2.4	Etriers « Porte écran »	Page :	15
3.	Photographies	Page :	16

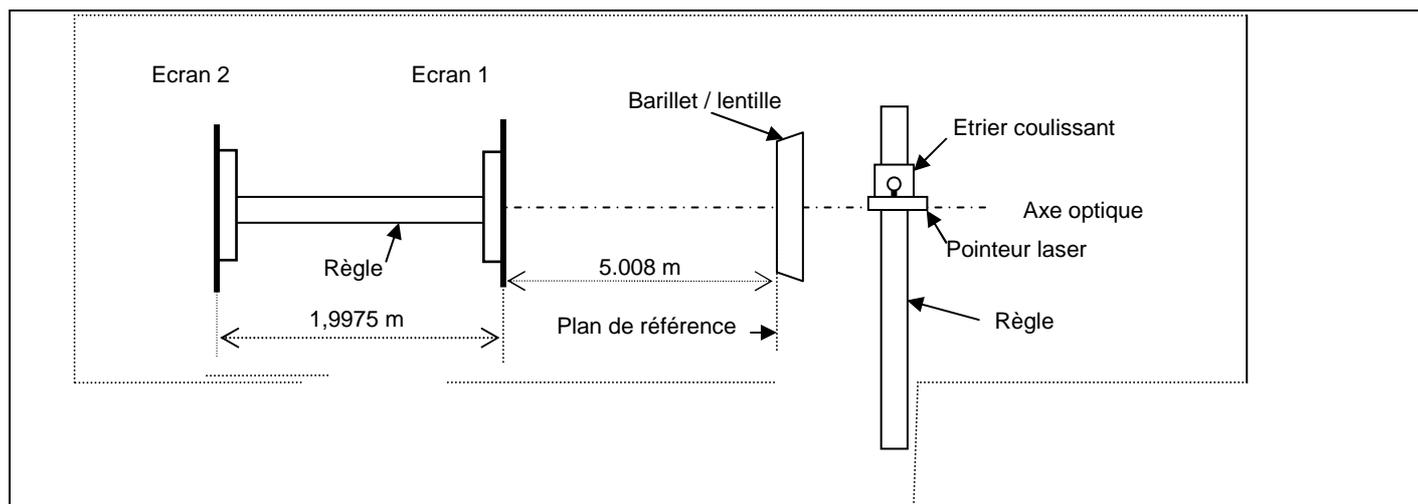
Animatrice Principale du Projet	France Wéry
Personnes ayant coopérés	
Conception Analyse et Rédaction :	François Courtay
Relecture :	Jacques Lauga
Participation	
Relecture et Analyse :	A. Gerber-Gaillard - J. Lauga - N. Mandi - E. Poquillon - R.Trottignon
Participants Actifs :	O. Durrieu - D. Lizzi
Autres Participants :	Adhérents de la SAP.

SOCIETE	COUPOLE VITRY	
D'ASTRONOMIE	LUNETTE 38 CM	Ed du 06/06/07
POPULAIRE	ANNEXE 1 - BANC DE MESURES	Page : 14/34

1. Disposition générale

Le banc est installé dans l'annexe des locaux de la SAP dévolue actuellement à l'entreposage des documents archives.

Le schéma ci-dessous montre la disposition générale des divers éléments composant le banc ainsi que les dimensions de l'ensemble.



2. Description

2.1. Composition

Il est constitué de :

- Deux règles rectifiées.
- Un étrier coulissant adapté aux règles ci-dessus.
- Deux étriers également adaptés et verrouillables sur les règles utilisés comme porte écran
- Un pointeur laser rouge
- Un pointeur laser rouge vert

Les photographies § 3 suivante illustrent la disposition générale du banc optique

2.2. Règles

Ces règles, en acier massif, de deux mètres de longueur sont de section triangulaire.

Une des faces présente une échelle graduée au millimètre.

Une seconde comporte une rainure permettant un blocage des accessoires disposés sur elles.

La troisième comporte trois pieds permettant un réglage en position.

L'état de surface permet un glissement aisé et précis des accessoires

Voir la photographie ci après

SOCIETE	COUPOLE VITRY	
D'ASTRONOMIE	LUNETTE 38 CM	Ed du 06/06/07
POPULAIRE	ANNEXE 1 - BANC DE MESURES	Page : 15/34

2.3. Etrier coulissant

Constitué d'un coulisseau, adapté aux règles ci-dessus, il assure un glissement aisé sur ces dernières.

Une vis permet son verrouillage sur la règle.

Une colonne permet la fixation des accessoires (pointeurs laser).

Une encoche, comportant un repère gravé voir photo, permet son positionnement précis vis-à-vis de la graduation de la règle.

2.4. Etriers « Porte écran »

Constitués par deux ferrures fixés d'une façon similaire celle de l'étrier.

Un dispositif spécifique a été étudié de façon à permettre de fixer deux feuilles de verre synthétiques transparents.

Ces deux étriers sont placés sur la seconde règle de part et d'autre de la position du point de convergence.

Cette règle est disposée longitudinalement dans le plan de symétrie de l'objectif.

Sa distance à la lentille est choisie de manière que le plan focal soit approximativement au milieu de la règle.

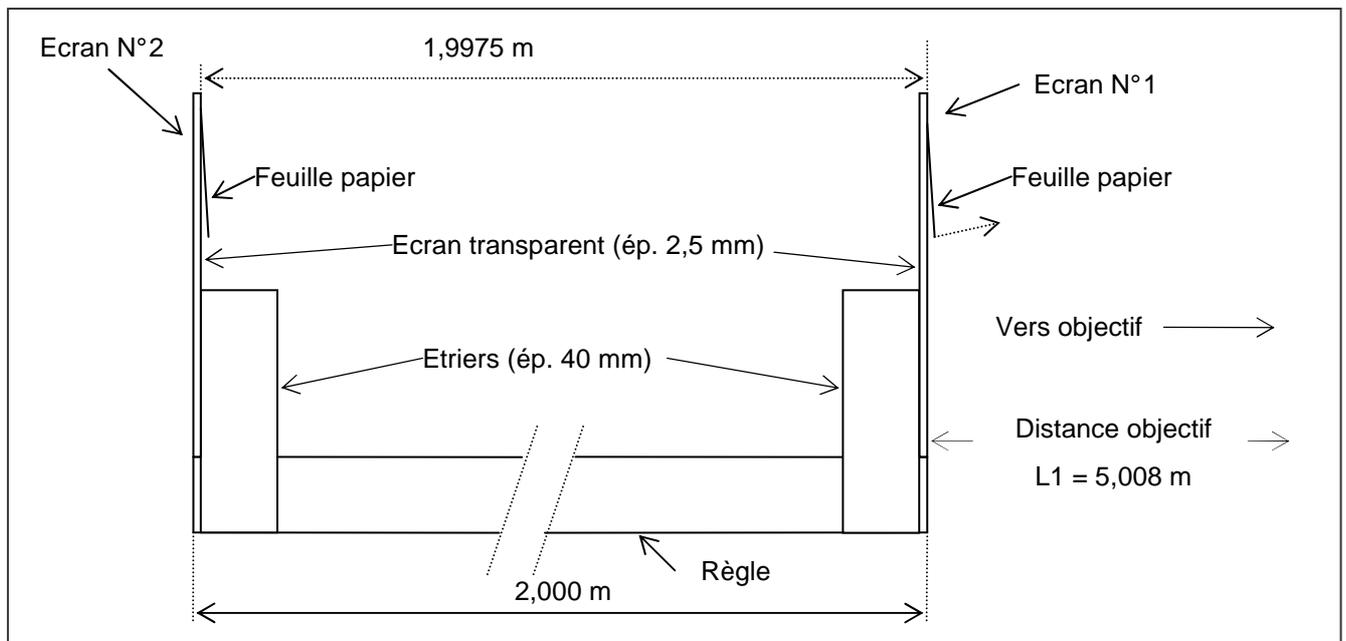
Les feuilles de papiers sont fixées sur les supports transparents. Des effets électrostatiques les maintiennent parfaitement appliquées sur le support transparent.

Celle du premier écran est fixée de façon à pouvoir être relevée puis retrouver sa position.

Les étriers ont été verrouillés avec la surface des écrans en affleurement sur l'extrémité de la règle.

Les feuilles de papier des écrans 1 et 2 sont positionnées coté objectif. L'épaisseur papier est négligée.

La distance inter écrans est de 1,9975 m :

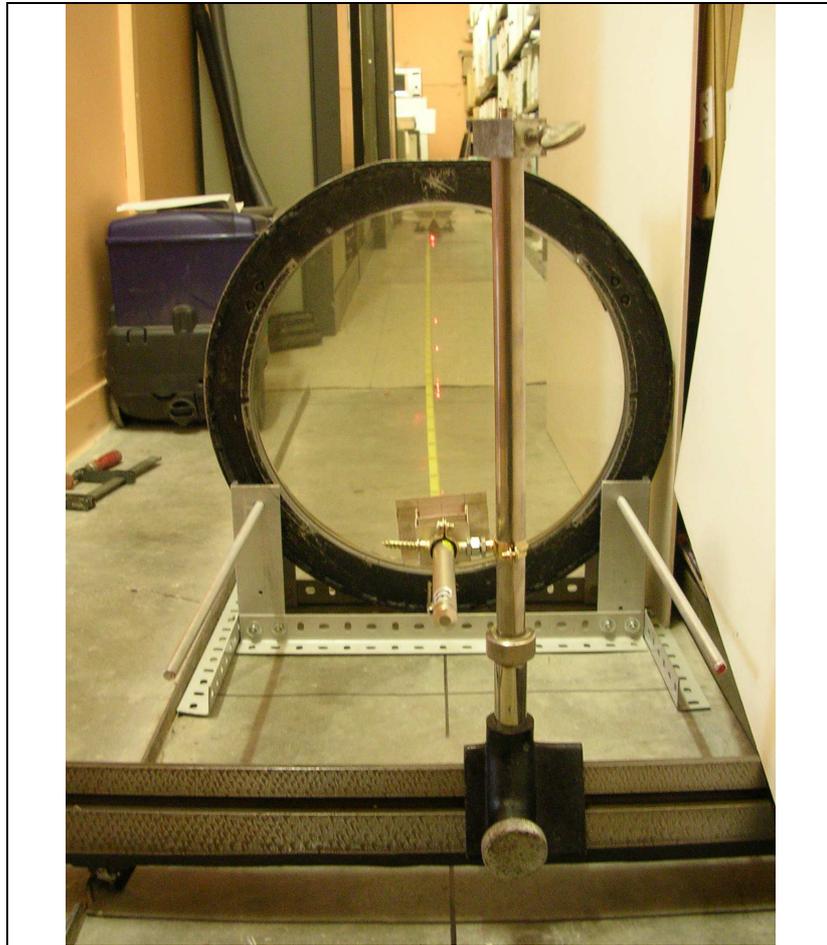


Détail « Etriers, support transparent, papier »

La distance entre l'écran n°1 et plan de référence de l'objectif est de 5,008 m correspond au positionnement à 5 m du châssis de maintien du barillet plus l'épaisseur des cales de fixation des lentilles.

SOCIETE	COUPOLE VITRY	
D'ASTRONOMIE	LUNETTE 38 CM	Ed du 06/06/07
POPULAIRE	ANNEXE 1 - BANC DE MESURES	Page : 16/34

3. Photographies



Vue générale du banc optique

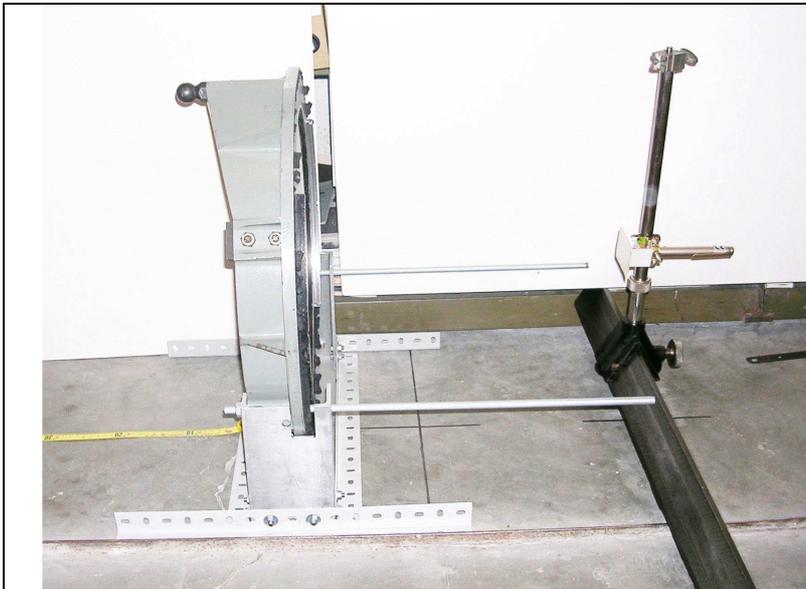
SOCIETE D'ASTRONOMIE POPULAIRE	COUPOLE VITRY	
	LUNETTE 38 CM	Ed du 06/06/07
	ANNEXE 1 - BANC DE MESURES	Page : 17/34



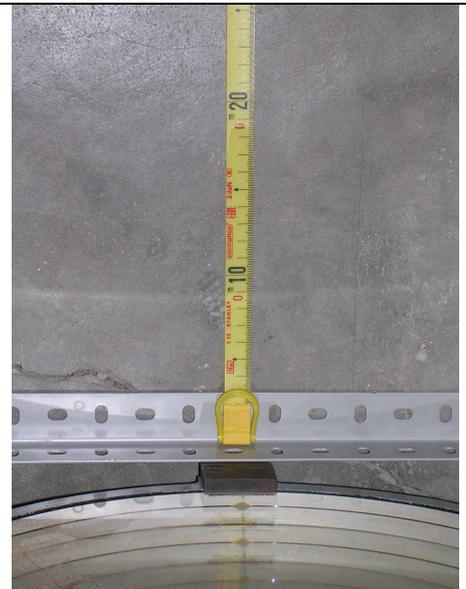
Vue des deux écrans



Relevage de la feuille du premier écran



Vue latérale de l'ensemble barillet étrier coulissant



Mesure distance plan de référence.
Vue cale fixation objectif

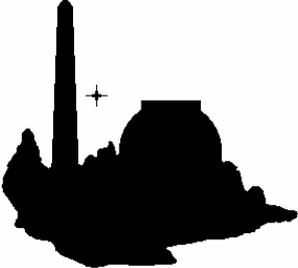
SOCIETE	COUPOLE VITRY	
D'ASTRONOMIE	LUNETTE 38 CM	Ed du 06/06/07
POPULAIRE	ANNEXE 1 - BANC DE MESURES	Page : 18/34



Etrier Coulissant



Détail de l'encoche gravée

	Société d'Astronomie Populaire	
	1, Avenue Camille Flammarion - 31500 Toulouse	Ed du 06/06/07
	Association agréée Jeunesse et Sport N°31-590	Page : 19/34

ANNEXE 2

PRESENTATION DES RESULTATS

Sommaire

1.	introduction	page :	20
2.	Méthodologie	page :	20
3.	Analyse des enregistrements « rouge »	page :	22
4.	Analyse des enregistrements « vert »	page :	26
5.	Position du plan focal	page :	30
6.	Incertitudes	page :	31
7.	Commentaires	page :	34

Animatrice Principale du Projet	France Wéry
Personnes ayant coopérés	
Conception Analyse et Rédaction :	François Courtay
Relecture :	Jacques Lauga
Participation	
Relecture et Analyse :	A. Gerber-Gaillard - J. Lauga - N. Mandi - E. Poquillon - R.Trottignon
Participants Actifs :	O. Durrieu - D. Lizzi
Autres Participants :	Adhérents de la SAP.

SOCIETE	COUPOLE VITRY	
D'ASTRONOMIE	LUNETTE 38 CM	Ed du 06/06/07
POPULAIRE	ANNEXE 2 - PRESENTATION DES RESULTATS	Page : 20/34

1. Introduction

Dans cette annexe sont rassemblés les données collectées et les résultats obtenus lors des manipulations de mesure de la position du plan focal de l'objectif de la future lunette de 38 cm.

C'est-à-dire :

- Les copies des feuilles de relevés
- Les dépouillements de ces relevés
- Les calculs faits sur ces relevés
- La synthèse des résultats

2. Méthodologie

Toutes les mesures, sur les feuilles d'enregistrements, ont été appréciées au 1/4 de mm.

Tout d'abord une mesure brute de la longueur des segments, comprise entre les points {1 et 7}, sur les feuilles d'enregistrements a été effectuée.

Un premier calcul de la position du plan focal peut ainsi être réalisé.

Ensuite sur chacune des feuilles d'enregistrements les opérations suivantes ont été effectuées :

- Traçage de deux axes orthogonaux arbitraires.
- Relevé dans le système d'axes ainsi créés des coordonnées de chacun des points.
- Report dans un tableur des couples $\{x_i ; y_i\}$ de valeur ainsi relevées.

Sur le groupe des $\{x_i\}$ pris isolément :

- Exécution d'une régression linéaire.
N.B : Cette régression est faite en fonction de l'indice des points et non en fonction de la cote relevée sur la règle. Ce choix se justifie par la régularité des points choisis et la précision du positionnement de l'étrier coulissant.
- Calcul des $\{X_i\}$, correspondant à chacun des points mesurés, avec les paramètres de la droite de régression.
- Calcul des écarts $\{\Delta X_i\}$ entre les points $\{X_i\}$ de la droite et les points $\{x_i\}$ mesurés.

Sur le groupe des $\{y_i\}$ pris isolément :

- Exécution d'une régression linéaire similaire à celle effectuée sur les $\{x_i\}$
- Calcul des $\{Y_i\}$, correspondant à chacun des points mesurés, avec les paramètres de la droite de régression.
- Calcul des écarts $\{\Delta Y_i\}$ entre les points $\{Y_i\}$ de la droite et les points $\{y_i\}$ mesurés.

Sur les groupes des $[\{X_i\} ; \{Y_i\}]$ de l'écran 1 puis de l'écran 2, pour le rouge puis pour le vert:

- Calcul d'une longueur $\{D_{(1-7)}\} = \sqrt{(X_7 - X_1)^2 + (Y_7 - Y_1)^2}$ correspondant à la longueur D1 sur l'écran 1.
- Calcul d'une longueur $\{D_{(7-1)}\} = \sqrt{(X_7 - X_1)^2 + (Y_7 - Y_1)^2}$ correspondant à la longueur D2 sur l'écran 2 :

Voir §. 7 Détermination plan focal : Schéma de définition.

SOCIETE	COUPOLE VITRY	
D'ASTRONOMIE	LUNETTE 38 CM	Ed du 06/06/07
POPULAIRE	ANNEXE 2 - PRESENTATION DES RESULTATS	Page : 21/34

Avec les valeurs ainsi obtenues:

- Calcul de la position du plan focal, pour chacune des couleurs, en appliquant la formule :
- $L_f = L_1 + l_x$ avec $l_x = \frac{L_2 \times D_1}{D_1 + D_2}$

Sur les groupes des $\{\{\Delta X_i\}; \{\Delta Y_i\}\}$ de l'écran 1 et de l'écran 2, pour le rouge puis pour le vert:

- Calcul d'un « Module d'écart » suivant la formule :

$$\sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2}$$

Cette procédure permet d'intégrer l'ensemble des pointés dans les calculs de position du plan focal. Elle donne en outre des informations sur les incertitudes affectant les mesures.

On notera que :

- En raison de la procédure appliquée, les pointés sur les écrans décrivent, avec une bonne approximation, un segment de droite
- La dispersion des pointés par rapport à la meilleure droite, obtenue par régression linéaire, donne l'ordre de grandeurs des incertitudes dues à la méthode.

Afin de réduire l'influence des erreurs de pointés, les deux valeurs retenues pour D_1 et D_2 sont calculées avec les paramètres de la meilleure droite.

Les repères de position de l'étrier coulissant affiché pour la manipulation correspondent aux cotes données dans le tableau ci dessous.

Repères	1	2	3	4	5	6	7
Cotes règle	100 mm	150 mm	200 mm	250 mm	300 mm	350 mm	400 mm

On trouvera les résultats au § N°5 « Position plan focal » et 6 « Incertitudes ».

Par ailleurs, les valeurs avec 5 décimales, affichées dans les tableaux, avec des décimales sont le résultat de calculs intermédiaires. Elles apparaissent éventuellement arrondies sans pertes de précision.

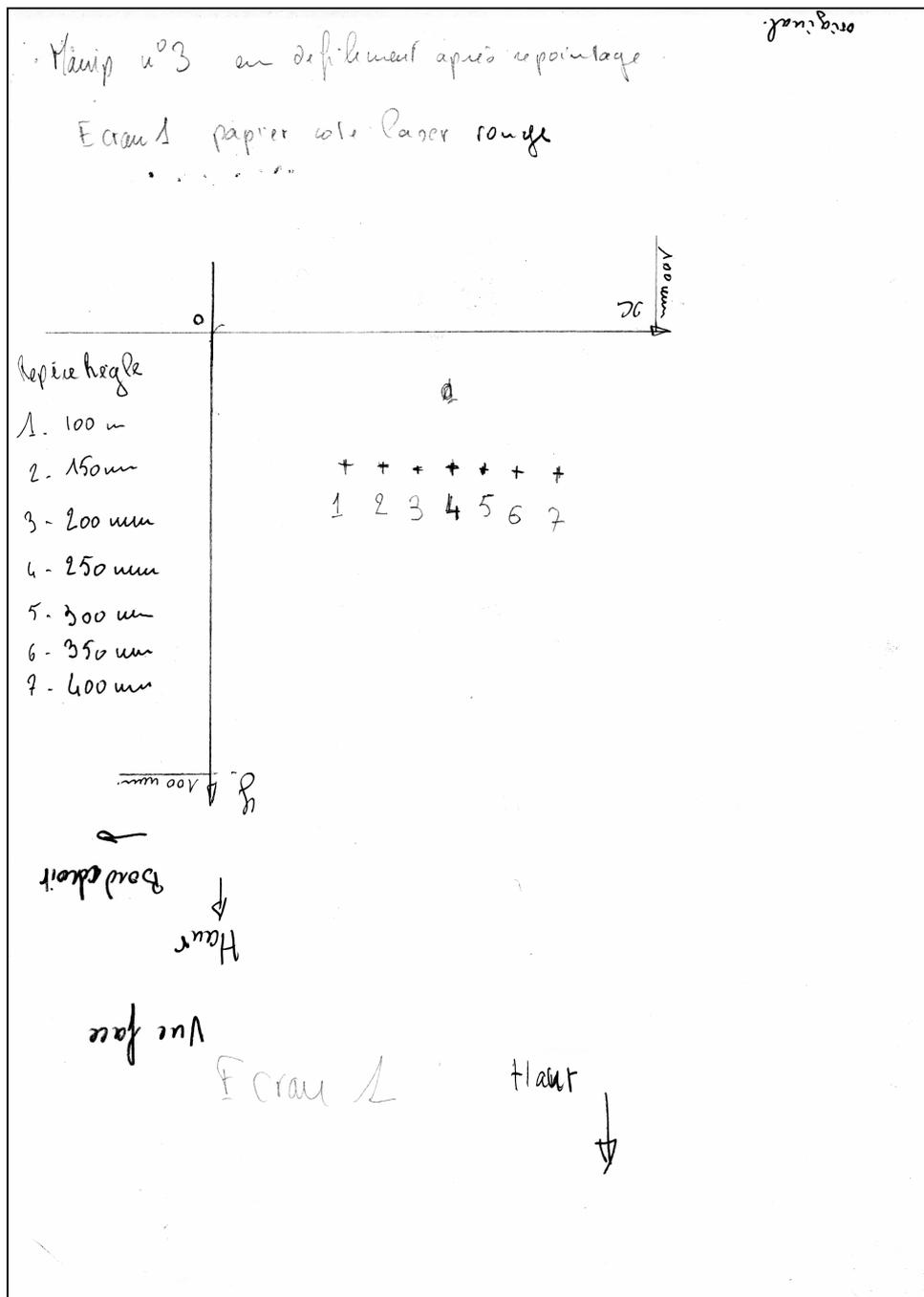
Les données résultantes des dépouillements et appréciées au $\frac{1}{4}$ mm sont introduites avec les décimales :

{0,25 ; 0,50 ; 0,75}

SOCIETE D'ASTRONOMIE POPULAIRE	COUPOLE VITRY	
	LUNETTE 38 CM	Ed du 06/06/07
	ANNEXE 2 - PRESENTATION DES RESULTATS	Page : 22/34

3. Analyse des enregistrements « Rouge »

3.1. Feuille d'enregistrement « Ecran 1 Rouge »



Echelle de la copie : ≈ 65 %

SOCIETE D'ASTRONOMIE POPULAIRE	COUPOLE VITRY		
	LUNETTE 38 CM		Ed du 06/06/07
	ANNEXE 2 - PRESENTATION DES RESULTATS		Page : 23/34

3.2. Calcul de D₁ « Ecran 1 Rouge »

3.2.1. Coordonnées [(x=f (i))]

Cote Règle	Repères pointés	Valeurs mesurées	Meilleure Droite	Ecart
E mm	i	x (i) mm	X (i) = 7,9018*i + 23	= X (i) - x (i)
100,0	1	30,50	30,90180	0,40180
150,0	2	39,25	38,80360	-0,44640
200,0	3	47,00	46,70540	-0,29460
250,0	4	54,75	54,60720	-0,14280
300,0	5	62,25	62,50900	0,25900
350,0	6	69,50	70,41080	0,91080
400,0	7	79,00	78,31260	-0,68740

3.2.2. Coordonnées [(y=f (i))]

Cote Règle	Repères pointés	Valeurs mesurées	Meilleure Droite	Ecart
E mm	i	y (i) mm	y = 0,3571*i + 30,036	= Y (i) - y (i)
100,0	1	30,25	30,39310	0,14310
150,0	2	30,75	30,75020	0,00020
200,0	3	31,50	31,10730	-0,39270
250,0	4	31,25	31,46440	0,21440
300,0	5	31,75	31,82150	0,07150
350,0	6	32,25	32,17860	-0,07140
400,0	7	32,50	32,53570	0,03570

3.2.3. D₁ « Ecran 1 Rouge »

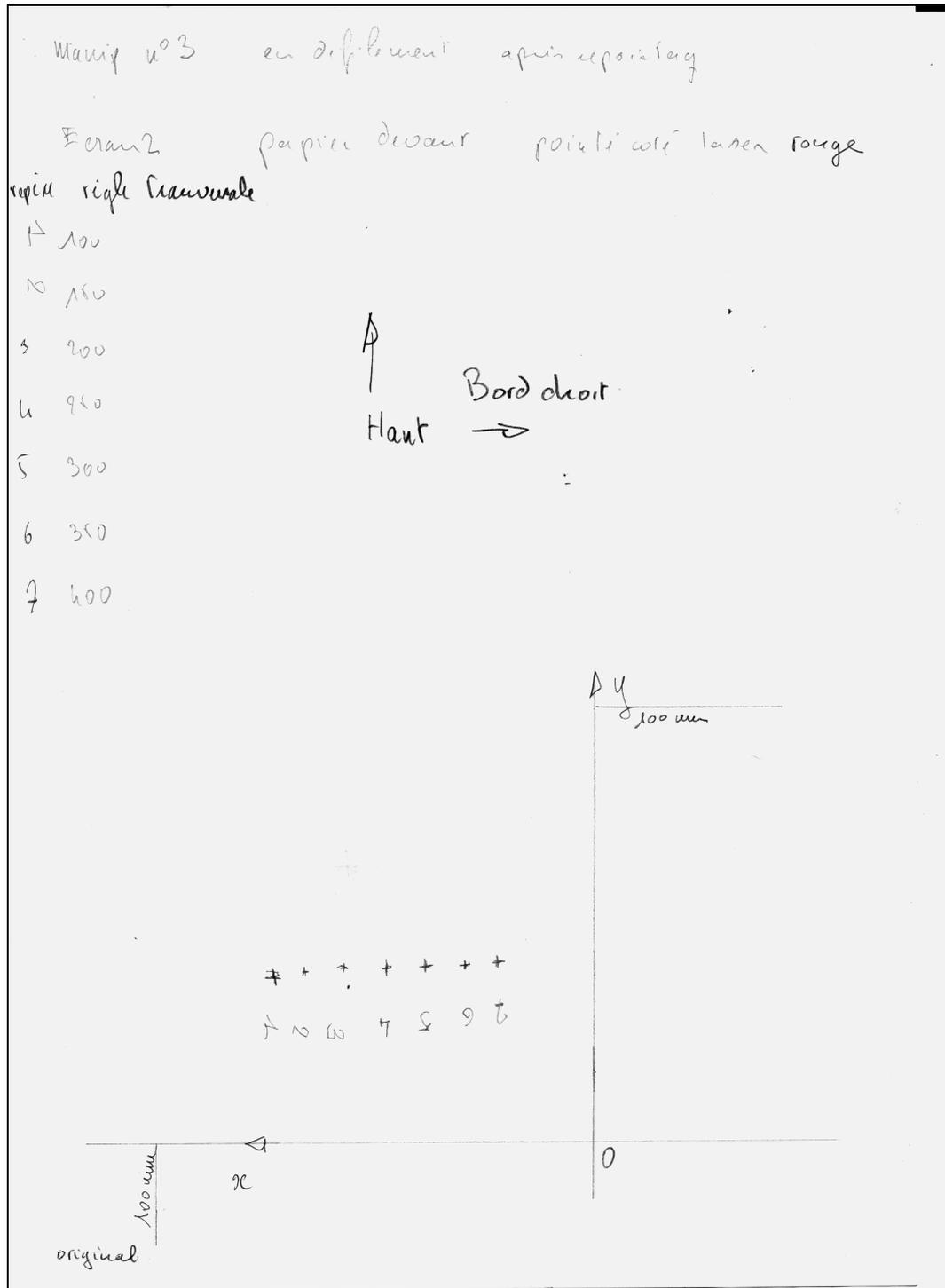
D₁=	$\sqrt{(X_7 - X_1)^2 + (Y_7 - Y_1)^2}$
	$\sqrt{(78,31 - 30,90)^2 + (32,54 - 30,39)^2}$
	47,46

Légende :

- « i » Indice repère des pointés.
- x (i) Distance mesurée, en mm, entre le pointés et l'axe des « y »
- X (i) Valeur calculée avec la meilleure droite pour le point d'indice i
- y (i) Distance mesurée, en mm, entre le pointés et l'axe des « x »
- Ecart Différence entre les points calculés et les points mesurés.
- E : Pour mémoire : La cote de réglage de l'étrier coulissant est remplacée par (i) dans les calculs de régression linéaire.

SOCIETE	COUPOLE VITRY	
D'ASTRONOMIE	LUNETTE 38 CM	Ed du 06/06/07
POPULAIRE	ANNEXE 2 - PRESENTATION DES RESULTATS	Page : 24/34

3.3. Feuille d'enregistrement « Ecran 2 Rouge »



Echelle de la copie : ≈ 65 %

SOCIETE D'ASTRONOMIE POPULAIRE	COUPOLE VITRY	
	LUNETTE 38 CM	
	ANNEXE 2 - PRESENTATION DES RESULTATS	Ed du 06/06/07 Page : 25/34

3.4. Calcul de D₂ « Ecran 2 Rouge »

3.4.1. Coordonnées [(x=f (i))]

Cote Règle	Repères pointés	Valeurs mesurées	Meilleure Droite	Ecart
E mm	"i"	x (i) mm	$X (i) = -8,7143*i + 82,821$	= X (i) -x (i)
100,0	1	73,25	74,10670	0,85670
150,0	2	66,50	65,39240	-1,10760
200,0	3	57,25	56,67810	-0,57190
250,0	4	47,50	47,96380	0,46380
300,0	5	39,00	39,24950	0,24950
350,0	6	29,75	30,53520	0,78520
400,0	7	22,50	21,82090	-0,67910

3.4.2. Coordonnées [(y=f (i))]

Cote Règle	Repères pointés	Valeurs mesurées	Meilleure Droite	Ecart
E mm	"i"	y (i) mm	$Y (i) = 0,4643*i + 38,143$	= Y (i) -y (i)
100,0	1	38,00	38,60730	0,60730
150,0	2	39,25	39,07160	-0,17840
200,0	3	40,25	39,53590	-0,71410
250,0	4	40,00	40,00020	0,00020
300,0	5	40,50	40,46450	-0,03550
350,0	6	40,75	40,92880	0,17880
400,0	7	41,25	41,39310	0,14310
Cote Règle	Repères pointés	Valeurs mesurées	Meilleure Droite	Delta Y (i)

3.4.3. D₂ « Ecran 2 Rouge »

•

D₂=	$\sqrt{(X_7 - X_1)^2 + (Y_7 - Y_1)^2}$
	$\sqrt{(21,82 - 74,11)^2 + (41,39 - 38,61)^2}$
	52,36

•

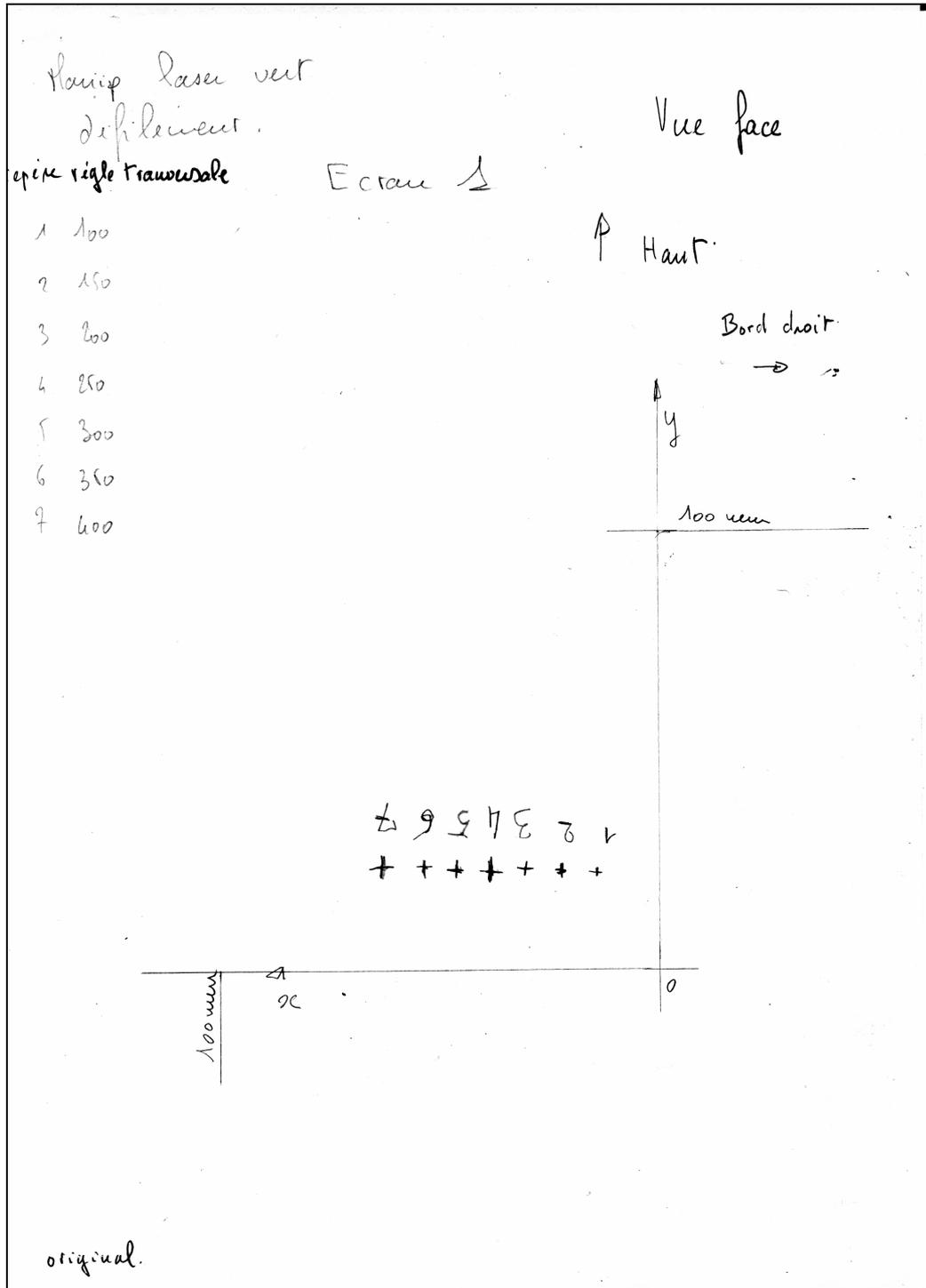
Légende :

- Idem § 3.1.2

SOCIETE D'ASTRONOMIE POPULAIRE	COUPOLE VITRY	
	LUNETTE 38 CM	Ed du 06/06/07
	ANNEXE 2 - PRESENTATION DES RESULTATS	Page : 26/34

4. Analyse des enregistrements « Vert »

4.1. Feuille d'enregistrement « Ecran 1 Vert »



Echelle de la copie : $\approx 65\%$

SOCIETE D'ASTRONOMIE POPULAIRE	COUPOLE VITRY		
	LUNETTE 38 CM		Ed du 06/06/07
	ANNEXE 2 - PRESENTATION DES RESULTATS		Page : 27/34

4.2. Calcul de D₁ « Ecran 1 Vert »

4.2.1. Coordonnées [(x=f (i))]

Cote Règle	Repères pointés	Valeurs mesurées	Meilleure Droite	Ecart
E mm	i	x (i) mm	$X (i) = 8,0982*i + 6$	$= X (i) - x (i)$
100,0	1	14,00	14,09820	0,09820
150,0	2	22,25	22,19640	-0,05360
200,0	3	30,50	30,29460	-0,20540
250,0	4	38,50	38,39280	-0,10720
300,0	5	46,50	46,49100	-0,00900
350,0	6	53,75	54,58920	0,83920
400,0	7	63,25	62,68740	-0,56260

4.2.2. Coordonnées [(y=f (i))]

Cote Règle	Repères pointés	Valeurs mesurées	Meilleure Droite	Ecart
E mm	i	y (i) mm	$Y (i) = 0,2946*i + 21,679$	$= Y (i) - y (i)$
100,0	1	22,00	21,97360	-0,02640
150,0	2	22,25	22,26820	0,01820
200,0	3	23,00	22,56280	-0,43720
250,0	4	22,25	22,85740	0,60740
300,0	5	23,00	23,15200	0,15200
350,0	6	23,75	23,44660	-0,30340
400,0	7	23,75	23,74120	-0,00880

4.2.3. D₁ « Ecran 1 Vert »

•

•

D₁=	$\sqrt{(X_7 - X_1)^2 + (Y_7 - Y_1)^2}$
	$\sqrt{(62,69 - 14,10)^2 + (23,74 - 21,97)^2}$
	48,62

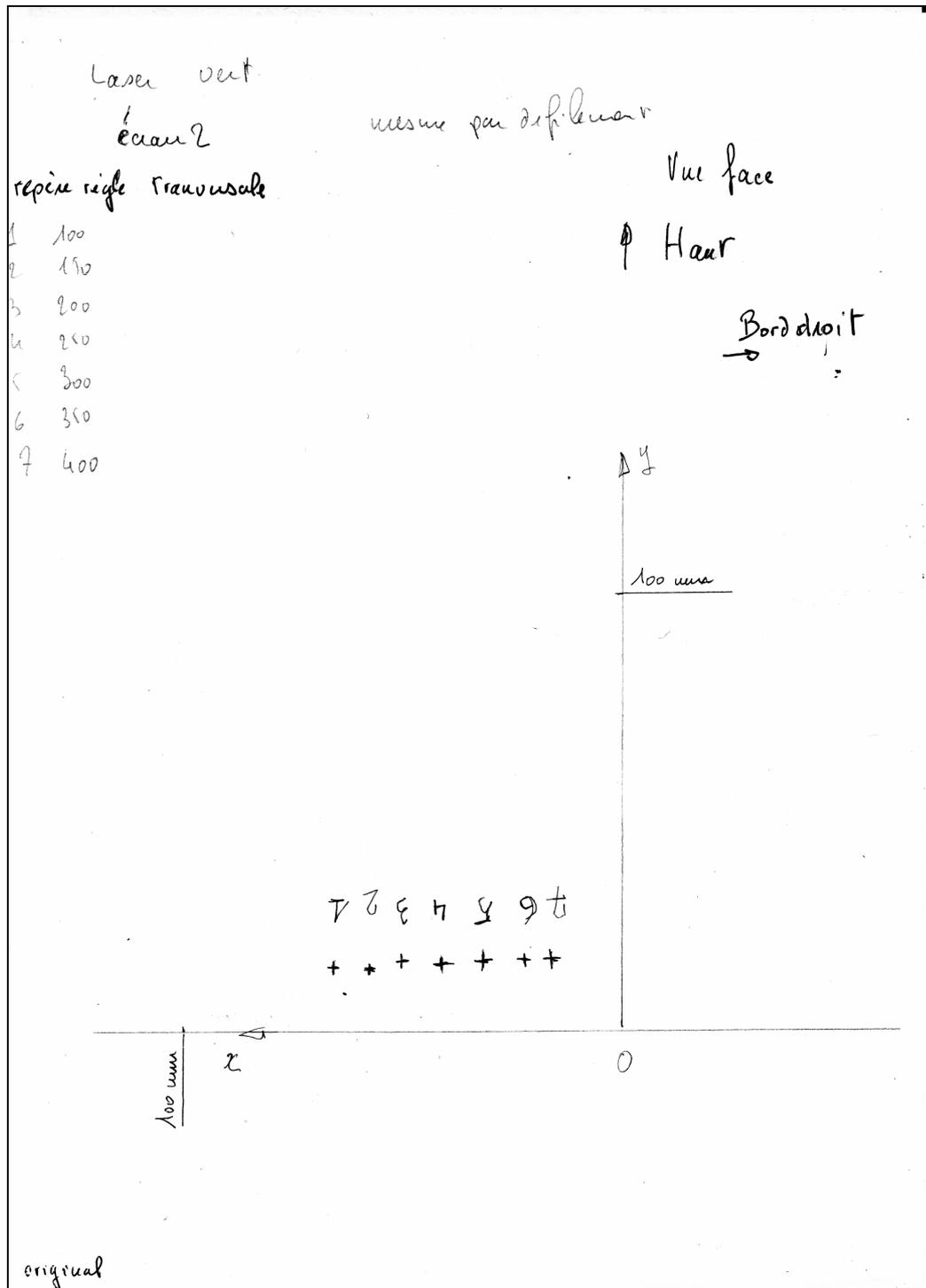
•

Légende :

- Idem § 3.1.2

SOCIETE	COUPOLE VITRY	
D'ASTRONOMIE	LUNETTE 38 CM	Ed du 06/06/07
POPULAIRE	ANNEXE 2 - PRESENTATION DES RESULTATS	Page : 28/34

4.3. Feuille d'enregistrement « Ecran 2 » Vert



Echelle de la copie : ≈ 65 %

SOCIETE D'ASTRONOMIE POPULAIRE	COUPOLE VITRY	
	LUNETTE 38 CM	
	ANNEXE 2 - PRESENTATION DES RESULTATS	
		Ed du 06/06/07
		Page : 29/34

4.4. Calcul de D₂ « Ecran 2 Vert »

4.4.1. Coordonnées [(x=f (i))]

Cote Règle	Repères pointés	Valeurs mesurées	Meilleure Droite	Ecart
E mm	"i"	x (i) mm	$X (i) = -8,4286*i + 74,071$	= X (i) -x (i)
100,0	1	65,50	65,64240	0,14240
150,0	2	56,50	57,21380	0,71380
200,0	3	50,00	48,78520	-1,21480
250,0	4	41,00	40,35660	-0,64340
300,0	5	31,50	31,92800	0,42800
350,0	6	22,00	23,49940	1,49940
400,0	7	16,00	15,07080	-0,92920

4.4.2. Coordonnées [(y=f (i))]

Cote Règle	Repères pointés	Valeurs mesurées	Meilleure Droite	Ecart
E mm	"i"	y (i) mm	$Y (i) = 0,3125*i + 14,393$	= Y (i) -y (i)
100,0	1	14,75	14,70550	-0,04450
150,0	2	14,50	15,01800	0,51800
200,0	3	16,00	15,33050	-0,66950
250,0	4	15,50	15,64300	0,14300
300,0	5	16,00	15,95550	-0,04450
350,0	6	16,25	16,26800	0,01800
400,0	7	16,50	16,58050	0,08050

4.4.3. D₂ « Ecran 2 Vert »

D₂=	$\sqrt{(X_7 - X_1)^2 + (Y_7 - Y_1)^2}$
	$\sqrt{(65,64 - 15,07)^2 + (16,58 - 14,71)^2}$
	50,61

Légende :

- Idem § 3.1.2

SOCIETE D'ASTRONOMIE POPULAIRE	COUPOLE VITRY						
	LUNETTE 38 CM						Ed du 06/06/07
	ANNEXE 2 - PRESENTATION DES RESULTATS						Page : 30/34

5. Position du plan focal

5.1. Rouge

On se reportera à « Détermination du plan focal » au chapitre 7 pour les formules appliquées

Position du plan focal par rapport au plan de référence:						Arrière	Avant
Sources {D ₁ ; D ₂ }	L ₁ mm	L ₂ mm	D ₁ mm	D ₂ mm	lx mm	Lf mm	(Lf + 65 mm)
Mesurées	5008,00	1997,50	48,50	51,50	968,79	5976,8	6041,8
Calculées	5008,00	1997,50	47,46	52,36	949,71	5957,7	6022,7

On retiendra les valeurs suivantes arrondies au mm, soit :

- Référence arrière :
 - Valeurs mesurées : 5984 mm
 - Valeurs calculées : 5958 mm
- Référence avant :
 - Valeurs mesurées : 6049 mm
 - Valeurs calculées : 6023 mm

5.2. Vert

On se reportera à « Détermination du plan focal » au chapitre 7 pour les formules appliquées

Position du plan focal par rapport au plan de référence:						Arrière	Avant
Sources {D ₁ ; D ₂ }	L ₁ mm	L ₂ mm	D ₁ mm	D ₂ mm	lx mm	Lf mm	(Lf + 65 mm)
Mesurées	5008,00	1997,50	48,50	49,50	988,56	5996,6	6061,6
Calculées	5008,00	1997,50	48,62	50,61	978,77	5986,8	6051,8

On retiendra les valeurs suivantes arrondies au mm, soit :

- Référence arrière :
 - Valeurs mesurées : 5997 mm
 - Valeurs calculées : 5987 mm
- Référence avant :
 - Valeurs mesurées : 6062 mm
 - Valeurs calculées : 6052 mm

SOCIETE	COUPOLE VITRY	
D'ASTRONOMIE	LUNETTE 38 CM	Ed du 06/06/07
POPULAIRE	ANNEXE 2 - PRESENTATION DES RESULTATS	Page : 31/34

6. Incertitudes

6.1. Incertitude sur L_f

On a : $L_f = (L_1 + l_x)$ avec $l_x = \frac{L_2 \times D_1}{D_1 + D_2}$

$$\Delta L_f = \Delta L_1 + \Delta l_x$$

$$\text{Avec } \frac{\Delta l_x}{l_x} = \frac{\Delta L_2}{L_2} + \frac{\Delta D_1}{D_1} + \frac{\Delta D_1}{D_1 + D_2} + \frac{\Delta D_2}{D_1 + D_2}$$

Le tableau ci-dessous donne les valeurs numériques obtenues avec les résultats de la couleur rouge.

	L1 mm	L2 mm	D1 mm	D2 mm	Lx mm	Lf mm
{D1; D2} Calculées	5008,00	1997,50	47,46	52,36	949,7	5957,7
Incertitudes probables	5,00	1,00	0,50	1,00	24,8	29,8
Incertitudes maximales	5,00	1,00	1,00	2,00	49,0	54,0
Incertitudes maximales pessimistes	5,00	1,00	2,00	3,00	88,1	93,1

Se reporter aux chapitres suivant pour les justifications et commentaires sur les valeurs d'incertitudes retenues.

L'incertitude sur L_1 n'est pas incluse dans la somme quadratique car elle intervient directement dans le résultat final.

Ces valeurs sont considérées comme valides pour les deux couleurs et pour le plan de référence avant.

En arrondissant et en majorant, on retient les valeurs suivantes.

- Incertitudes probables : $\leq \pm 30 \text{ mm}$
- Incertitudes maximales : $\leq \pm 55 \text{ mm}$
- Incertitudes maximales pessimistes : $\leq \pm 95 \text{ mm}$

6.2. Longueur L_1

La comparaison du décimètre souple avec un mètre ruban métallique de 5 m de longueur montre une cohérence, entre ces deux moyens, de l'ordre de +/- 2 à 3 mm, essentiellement due à la tension sur le « Ruban souple ».

La cohérence, « sur 200 mm », du mètre ruban métallique avec un pied à coulisse est de l'ordre du 1/10 de mm.

La valeur retenue pour l'incertitude : $\Delta L_1 \leq \pm 5 \text{ mm}$.

6.3. Longueur L_2

La règle, de longueur 2 m d'une extrémité à l'autre, comporte sa propre échelle.

Le positionnement des étriers porte écrans a été effectué par affleurement avec les extrémités.

L'incertitude sur la longueur L_2 est essentiellement provoquée par une courbure résiduelle des supports transparents

Cette courbure a été orientée dans le même sens pour les deux écrans.

Une mesure directe de la distance entre les deux supports n'étant pas aisée (flexibilité des supports).

L'incertitude retenue est : $\Delta L_2 \leq \pm 1 \text{ mm}$.

SOCIETE D'ASTRONOMIE POPULAIRE	COUPOLE VITRY		
	LUNETTE 38 CM		Ed du 06/06/07
	ANNEXE 2 - PRESENTATION DES RESULTATS		Page : 32/34

6.4. Longueur D₁ et D₂

6.4.1. Commentaires

La position du spot sur l'écran intègre, pour chacun des pointés, les erreurs liées aux caractéristiques des matériels :

- Finesse des faisceaux laser.
- Déplacements parasites du pointeur dus aux irrégularités d'origine des faces de la règle
- Surépaisseurs locales liées à la présence possible de particules insuffisamment nettoyées.
- Distorsion géométrique de l'optique.
- Etc.

Auxquelles s'ajoutent les erreurs liées à l'opérateur :

- Erreurs de pointé dues aux difficultés d'appréciation du centre du spot et d'exécution des pointés.
- Erreurs d'appréciation des coordonnées des pointés lors du dépouillement.
- Régularité du positionnement vis à vis de l'échelle linéaire de la règle.

Toutes ces causes peuvent être considérées comme indépendantes

En conséquence, les incertitudes, retenues pour ces longueurs, sont estimées à partir des déviations entre les pointés manuels et leurs valeurs correspondantes calculées avec les paramètres des « Meilleures droites ».

6.4.2. Calcul incertitudes {D₁ ; D₂} Rouge

Incertitudes D ₁ Rouge +/- mm			Incertitudes D ₂ Rouge +/- mm		
$\Delta X (i)$	$\Delta Y (i)$	Module Ecart =	$\Delta X (i)$	$\Delta Y (i)$	Module Ecart =
= X (i) -x (i)	= Y (i) -y (i)	$\sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2}$	= X (i) -x (i)	= Y (i) -y (i)	$\sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2}$
0,40180	0,14310	0,42652	0,8567	0,6073	1,05012
-0,44640	0,00020	0,44640	-1,1076	-0,1784	1,12188
-0,29460	-0,39270	0,49092	-0,5719	-0,7141	0,91488
-0,14280	0,21440	0,25760	0,4638	0,0002	0,46380
0,25900	0,07150	0,26869	0,2495	-0,0355	0,25201
0,91080	-0,07140	0,91359	0,7852	0,1788	0,80530
-0,68740	0,03570	0,68833	-0,6791	0,1431	0,69401
Ecart maximum		0,91359			1,12188
Ecart moyen		0,49886			0,75743

SOCIETE D'ASTRONOMIE POPULAIRE	COUPOLE VITRY		
	LUNETTE 38 CM		Ed du 06/06/07
	ANNEXE 2 - PRESENTATION DES RESULTATS		Page : 33/34

6.4.3. Calcul incertitudes {D₁ ; D₂} Vert

Incertitudes D ₁ Vert +/- mm			Incertitudes D ₂ Vert		
$\Delta X (i)$	$\Delta Y (i)$	Module Ecart	$\Delta X (i)$	$\Delta Y (i)$	Module Ecart
$= X (i) -x (i)$	$= Y (i) -y (i)$	$\sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2}$	$= X (i) -x (i)$	$= Y (i) -y (i)$	$\sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2}$
0,09820	-0,02640	0,10169	0,14240	-0,04450	0,14919
-0,05360	0,01820	0,05661	0,71380	0,51800	0,88195
-0,20540	-0,43720	0,48305	-1,21480	-0,66950	1,38707
-0,10720	0,60740	0,61679	-0,64340	0,14300	0,65910
-0,00900	0,15200	0,15227	0,42800	-0,04450	0,43031
0,83920	-0,30340	0,89236	1,49940	0,01800	1,49951
-0,56260	-0,00880	0,56267	-0,92920	0,08050	0,93268
Ecart maximum		0,89236			1,49951
Ecart moyen		0,40935			0,84854

6.4.4. Valeurs retenues pour les incertitudes sur D₁ et D₂

Valeurs des incertitudes sur D1 et D2 (prise en compte des écarts moyens légèrement majorés) :

- D1 : $(\Delta D1) \leq +/- 0.5 \text{ mm}$
- D2 : $(\Delta D2) \leq +/- 1 \text{ mm}$

Valeurs maximales des incertitudes D1 et D2 (prise en compte des écarts maximums légèrement majorés) :

- D1 : $(\Delta D1) \leq +/- 1 \text{ mm}$
- D2 : $(\Delta D2) \leq +/- 2 \text{ mm}$

Valeurs maximales pessimistes des incertitudes (coefficient 2 sur les écarts maximums) :

- D1 : $(\Delta D1) \leq +/- 2 \text{ mm}$
- D2 : $(\Delta D2) \leq +/- 3 \text{ mm}$

Les valeurs sont considérées valables pour le vert et le rouge.

SOCIETE	COUPOLE VITRY	
D'ASTRONOMIE	LUNETTE 38 CM	Ed du 06/06/07
POPULAIRE	ANNEXE 2 - PRESENTATION DES RESULTATS	Page : 34/34

7. Commentaires

7.1. Commentaire 1

L'analyse de l'ensemble des données et des résultats, rapportée aux conditions de manipulation, montre que la part principale des erreurs est provoquée par la forte luminosité ainsi que leurs défauts de finesse.

Toutefois une amélioration de ces deux points, compte tenu des buts poursuivis, n'est pour l'instant pas nécessaire.

Elle ne devra être entreprise qu'après analyse et discussion des résultats présentés et avant le choix définitif du déport du plan focal par rapport à l'arrière du tube.

7.2. Commentaire 2

La virole de montage de l'objectif introduit un décalage angulaire par rapport à l'axe de révolution. Ce point fait partie de la définition originelle des matériels. Il a fait l'objet de discussions préalables.

Il semble que le but de cette disposition soit de rejeter en dehors de l'axe d'observation les images parasites provoquées par les réflexions sur les dioptries internes.

En effet à l'époque de la définition des optiques les traitements antireflets n'existaient pas.

Un examen visuel de l'ensemble des images visibles en transmissions montre que cette hypothèse est vraisemblable.

En effet une rotation de l'objectif montre une séparation nette en deux groupes des images du faisceau sur les différents dioptries traversés soit directement soit après réflexion.

Un groupe de quatre images reste toujours aligné sur l'axe du faisceau (créé par la diffusion directe du faisceau avec la surface), d'autres images, moins lumineuses et en plus grand nombre, sont décalées proportionnellement à la rotation de l'objectif.

L'application d'un traitement anti-reflet ne peut pas être envisagée, car :

- Cette optique fait l'objet d'un classement.
- Les optiques ne doivent pas être démontées.
- Les verres employés ne sont peut être pas compatibles.

Cette caractéristique doit donc être conservée surtout pour l'observation planétaire.

La seule chose qui puisse être envisagée, le cas échéant, est un montage mécanique de l'ensemble permettant d'annuler momentanément ce décalage en fonction de l'utilisation.

Cela devra faire l'objet d'un examen particulier.