

CERN - PS DIVISION

CTF / Note 98-08

**SYSTEME DE MESURE D'ENERGIE PAR IMPULSION
POUR LES LASERS DU CTF.**

Stéphan DEL BURGO

Résumé

Ce rapport présente le résultat de l'étude d'un système de mesure d'énergie par impulsion pour les lasers du CTF.

Pour le Drive Beam, la plage de variation de l'éclairement de la photocathode, et donc du système de mesure d'énergie, est très large. Les éclairements peuvent atteindre de très grandes valeurs, destructrices pour le matériel, en particulier pour le détecteur. Ce sont les deux grandes difficultés à surmonter pour la conception du système. Elles empêchent malheureusement la réalisation d'un système élémentaire.

La note présente les différents éléments qui constituent le système : les deux détecteurs, l'ensemble de filtres, et le télescope.

La dernière partie décrit les développements qui restent à réaliser pour l'installation dans le CTF.

Table des matières

I.	Introduction :	3
I.1.	Données techniques :	3
I.2.	Système proposé :	4
II.	Les éléments du système :	5
II.1.	Le joulemètre :	5
II.2.	Les filtres :	9
II.3.	Le télescope :	10
II.4.	Le détecteur pour la taille du faisceau :	16
III.	Les futurs développements :	18
III.1.	Le programme d'acquisition :	18
III.2.	L'installation au CTF :	19
IV.	Conclusion :	20

SYSTEME DE MESURE D'ENERGIE PAR IMPULSION POUR LES LASERS DU CTF.

I. Introduction :

Les faisceaux d'électrons sont produits dans le CTF en illuminant des photocathodes avec des faisceaux laser. Pour évaluer les performances du canon radiofréquence et des photocathodes, il est indispensable d'avoir un système de mesure d'énergie des impulsions laser.

Il n'existe pas, actuellement sur le marché, d'appareil de mesure capable de mesurer les énergies disponibles sur le faisceau du Drive Beam. En effet, les éclairements peuvent dépasser largement les seuils de dommage des appareils usuels et la plage de variation en énergie est trop importante pour être couverte par un seul détecteur.

I.1. Données techniques :

La longueur d'onde utilisée actuellement dans le CTF est 262 nm. Elle dépend des photocathodes utilisées et du rayonnement laser accessible, mais c'est, pour le moment, dans ces conditions que l'on obtient les meilleurs résultats.

La durée des impulsions laser est de 8 ps et c'est bien sûr de ce paramètre que provient les difficultés de mesure. Même avec des énergies raisonnables, le flux correspondant est tout de suite élevé et est supérieur aux seuils de dommage des détecteurs conventionnels.

Le diamètre du faisceau illuminant la photocathode varie de 3 à 10 mm.

Pour le Drive Beam, le nombre d'impulsions varie de 1 à 48. La charge nominale maximale est de 21 nC/impulsion. L'efficacité quantique des photocathodes varie de 2 à 8 %.

Pour le Probe Beam, la charge nominale est de 1 à 2 nC et l'efficacité quantique des photocathodes varie de 0,4 à 2 %.

A partir de tous ces paramètres, voici les valeurs extrêmes que l'on a à mesurer pour le Drive Beam et le Probe Beam :

	Drive beam (5%)	Probe beam (2%)
Energie totale	1,5 μ J - 500 μ J	4 μ J - 30 μ J
Prélèvement	75 nJ - 25 μ J	80 nJ - 1 μ J
Flux maximal	3,2 MW	130 kW
Exposition maximale	250 μ J.cm ⁻²	6 μ J.cm ⁻²
Eclairement maximal	35 MW.cm ⁻²	1 MW.cm ⁻²

tab 1 : Drive Beam et Probe Beam.

Un prélèvement de 5% du faisceau considéré pour le Drive Beam et de 2 % pour le Probe Beam.

De ces valeurs, on s'aperçoit que si on est capable de mesurer le faisceau du Drive Beam, il en sera de même pour celui du Probe Beam.

Les deux données contradictoires, dans ce tableau, pour les détecteurs disponibles sur le marché, sont de pouvoir mesurer des énergies aussi faibles que 75 nJ dans l'ultraviolet et de supporter un éclairement aussi élevé que 35 MW.cm⁻².

Les détecteurs les plus sensibles, présentés dans les catalogues, ont un bruit équivalent en énergie de 35 nJ (NEJ) et les détecteurs de haute puissance un seuil de dommage voisin de 1 MW.cm⁻². Le détecteur réunissant ces deux caractéristiques n'existe pas encore.

I.2. Système proposé :

Pour résoudre ces difficultés, le système proposé est composé de différents éléments, chacun ayant une fonction bien précise. L'ensemble permet de travailler dans les conditions précédemment définies.

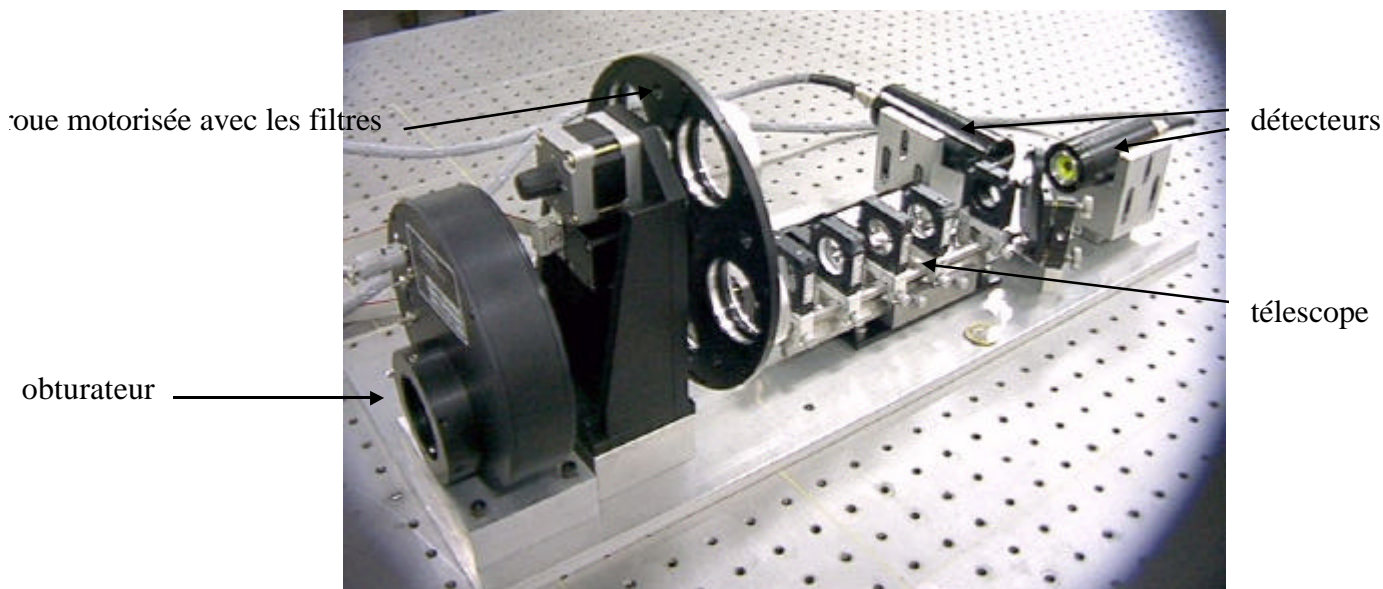
Le détecteur est le détecteur le plus sensible des détecteurs disponibles, ayant un seuil de dommage relativement élevé.

Pour rester en dessous du seuil de dommage du détecteur, un ensemble de quatre filtres haute puissance permettent de définir cinq calibres qui couvre entièrement la gamme d'énergie à mesurer.

Comme la surface du détecteur retenu est plus petite que la taille maximale du faisceau et que la taille du faisceau peut varier, un élément optique est nécessaire pour adapter la taille du faisceau à celle du détecteur. D'autre part, il ne faut jamais focaliser le faisceau sur la surface du détecteur. Ainsi, l'élément optique est un télescope à grossissement variable.

Il est nécessaire de surveiller la taille du faisceau à la sortie du télescope pour éviter de rendre l'éclairement sur la surface du détecteur supérieur à la valeur du seuil de dommage. Un deuxième détecteur est donc nécessaire pour contrôler la taille du faisceau.

Voici l'ensemble du système avec les différents éléments :

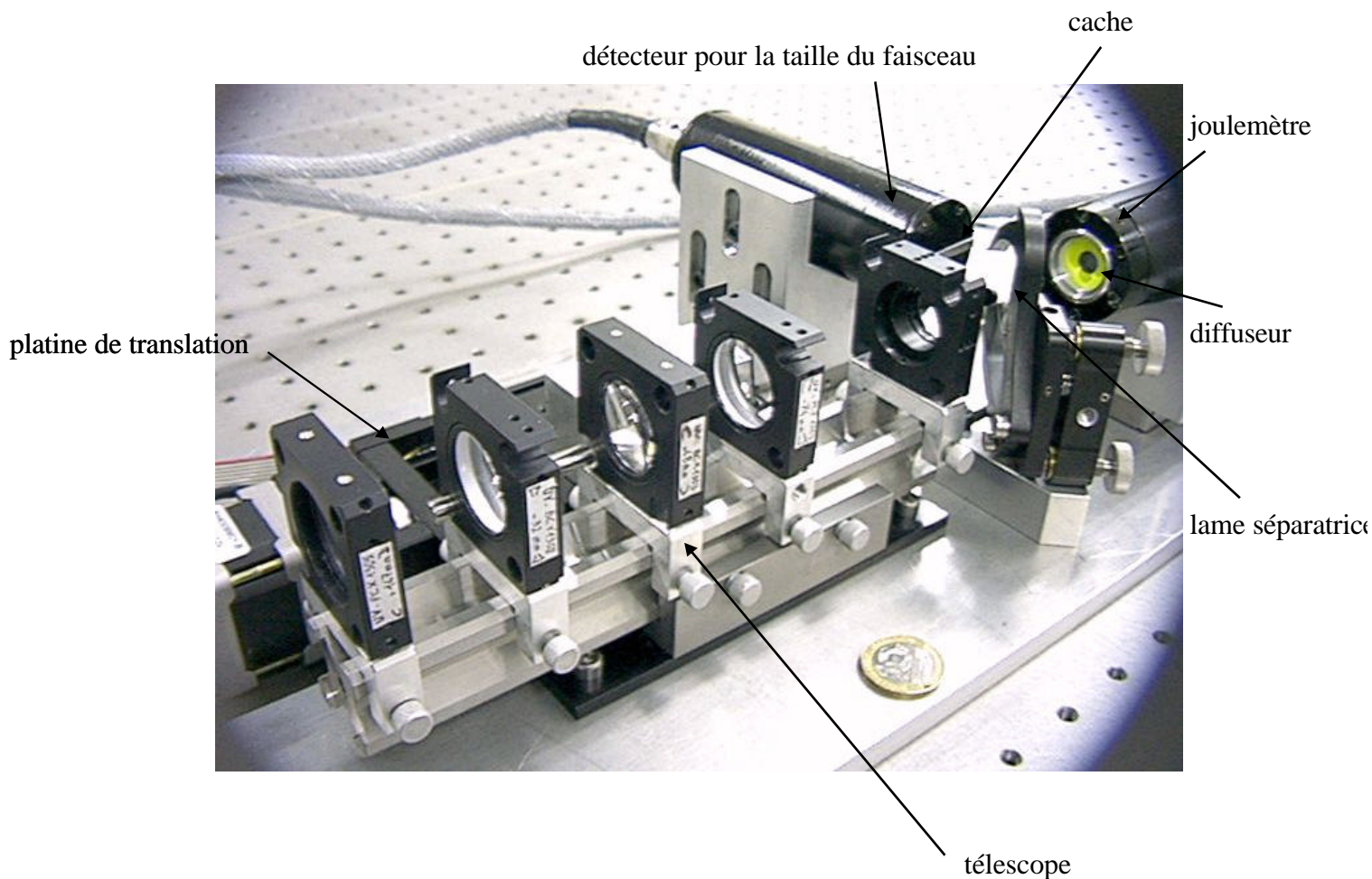


L'obturateur permet de couper le faisceau dans le cas où celui-ci est trop intense pour le détecteur. L'obturateur est télécommandé, puisque le CTF n'est pas accessible pendant l'opération.

Les filtres sont montés sur une roue qui est motorisée et télécommandée. Il faut pouvoir changer de calibre automatiquement depuis la salle de contrôle. Il en est de même pour le télescope. Les lentilles sont déplacées à l'aide d'une platine de translation motorisée télécommandée.

Tous les réglages de positionnement sont disponibles pour tous les éléments, pour une mise en place aisée et précise.

Voici une vue plus précise du télescope et des deux détecteurs :



II. Les éléments du système :

Les différents éléments du système sont décrits dans les paragraphes suivants.

II.1. Le joulemètre :

Conditions d'utilisation :

L'énergie laser à mesurer varie de 75 nJ à 25 μ J dans l'ultraviolet. La durée des impulsions est de 8 ps environ. L'éclairement peut donc être considérable (35 MW.cm^{-2}).

Par contre, la fréquence de répétition des impulsions est de 10 Hz. Le flux moyen n'est donc pas très élevé (250 μW maximum).

La limitation vient plutôt du fait qu'il faut un détecteur capable de mesurer quelques nJ et de supporter des éclaircissements élevés. D'autre part, il faut un détecteur sensible dans l'ultraviolet.

Détecteurs Molelectron P1-45 et P1-65 :

Parmi tous les détecteurs disponibles, les détecteurs pyroélectriques P1-45 et P1-65 de Molelectron sont les mieux adaptés à nos mesures.

De technologie pyroélectrique, ils ont une réponse uniforme de 200 nm à 6 μm .

Leurs seuils de dommage ne sont pas plus élevés que les autres détecteurs (voir prochain paragraphe), mais ce sont les plus sensibles à cette longueur d'onde (262 nm) dans cette gamme d'énergie (nJ - μJ).

L'électronique d'amplification pour ces détecteurs a été étudiée par M. Jacques Durand. Les deux détecteurs ont les mêmes caractéristiques (dimensions (5 mm de diamètre), seuil de dommage). La seule différence entre les deux est que le détecteur P1-45 est à peu près sept fois plus sensible que le P1-65 (autour de 7 V/ μJ) à niveau de bruit équivalent. Ce sont les résultats des tests effectués par M. Jacques Durand (PS/LP).

Le détecteur P1-65 possède déjà un boîtier avec l'électronique d'amplification, réalisé par M. Jacques Durand. Les mesures et les tests ont donc été effectués avec ce détecteur. Le détecteur P1-45, le plus intéressant parce que le plus sensible, ne possède pas pour le moment de boîtier. Sa réalisation est prévue pour les prochains mois.

Le constructeur Molelectron semble avoir arrêté, à ce jour, la commercialisation de ces détecteurs. Il est donc devenu difficile de se les procurer. Au laboratoire, il reste plusieurs détecteurs de ce type en stock, mais il convient de les utiliser avec précaution.

Seuil de dommage :

M. Jacques Durand a remarqué, après avoir travaillé avec ces détecteurs, que les données de la fiche technique du constructeur étaient un peu optimistes. En utilisation normale, avec respect du seuil de dommage préconisé par la fiche technique, la surface d'un détecteur s'est cassée. Des polarisations négatives ont également été observées sur d'autres échantillons après plusieurs heures d'utilisation apparemment normales. Malgré ces problèmes, ces détecteurs restent les plus intéressants. Il convient, toutefois, d'être prudent vis à vis des données du constructeur.

En ce qui concerne le seuil de dommage, le constructeur ne donne que la valeur de l'exposition maximale qui est alors voisine de 3 $\text{mJ}\cdot\text{cm}^{-2}$ pour une impulsion de 8 ps. L'éclaircissement correspondant est de 400 $\text{MW}\cdot\text{cm}^{-2}$. Ce n'est pas raisonnable. Prenons plutôt comme limite, celle que l'on rencontre dans les autres notes techniques pour les détecteurs de ce type, par exemple celle du détecteur pyroélectrique Gentec. La limite d'éclaircissement est de 1 $\text{MW}\cdot\text{cm}^{-2}$. C'est plus plausible.

Eclairement maximal (P1-65/45)

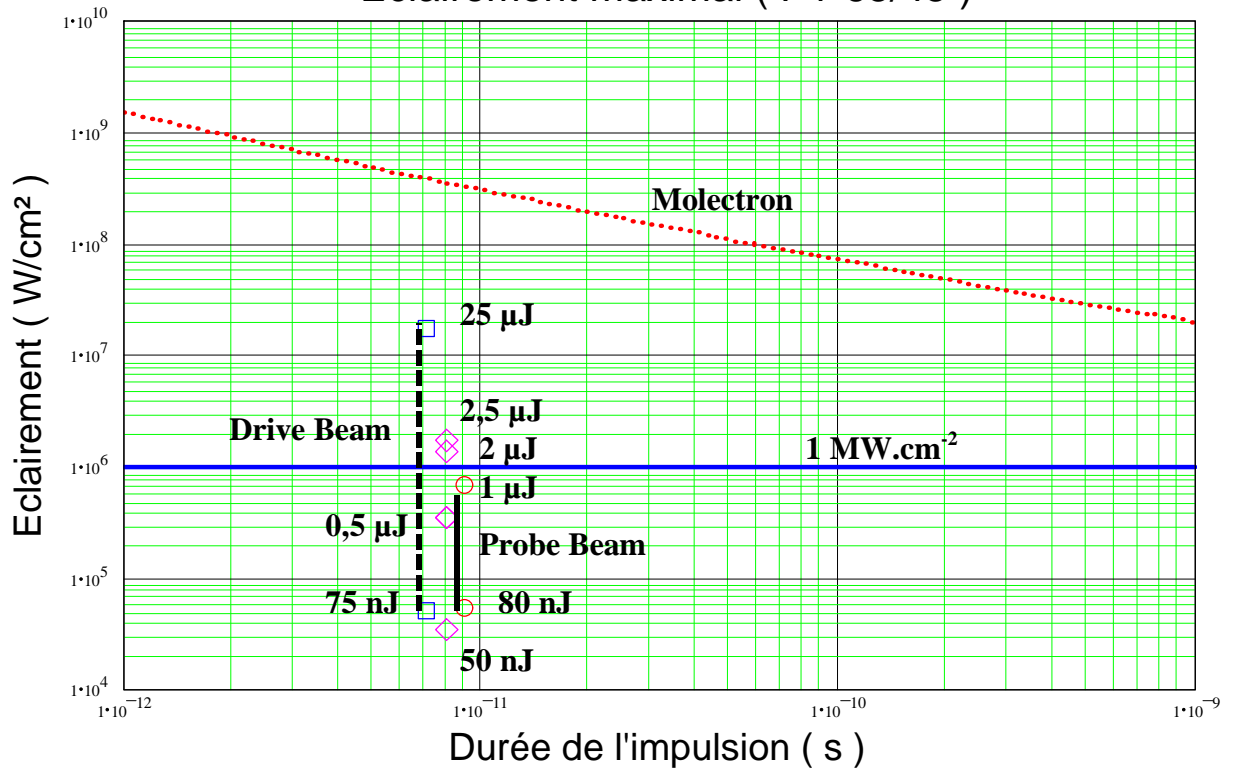


fig 2 : Eclairement maximal et calibres.

Sur le graphique sont représentées les valeurs d'éclairement correspondant aux différentes énergies, en considérant un faisceau de 4 mm de diamètre, sachant que la surface sensible du détecteur a un diamètre de 5 mm. Jusqu'à une énergie de 2 µJ, on peut espérer que le détecteur n'est pas en danger si le faisceau fait plus de 4 mm de diamètre.

Sensibilité et étalonnage :

Les mesures effectuées au laboratoire avec le laser BMI (quelques ps, 266 nm) sur le détecteur P1-65 (électronique de M. Jacques Durand) donne pour une calibration à 2 V/µJ un bruit équivalent à l'énergie de 8 nJ. Les formules de la fiche technique Molelectron sont légèrement optimistes car elles donnent 2 nJ.

Il est donc possible de mesurer une énergie aussi faible que 50 nJ avec ce détecteur. Il sera encore plus facile de le faire avec le détecteur P1-45 quand l'électronique sera disponible.

Ce détecteur est le plus sensible de tous les détecteurs que nous avons au laboratoire. Il est plus sensible que les appareils commerciaux qui nous servent de référence pour l'étalonnage. L'étalonnage du détecteur a été réalisé à l'aide de l'appareil Molelectron, qui est le plus sensible de nos détecteurs. Les mesures en continu des impulsions laser récupérées avec LabView (programme 'Trigger 4.vi') montrent que le détecteur P1-65 fonctionne parfaitement. Il est même plus rapide et plus précis que l'appareil de référence Molelectron. L'électronique est plus performante.

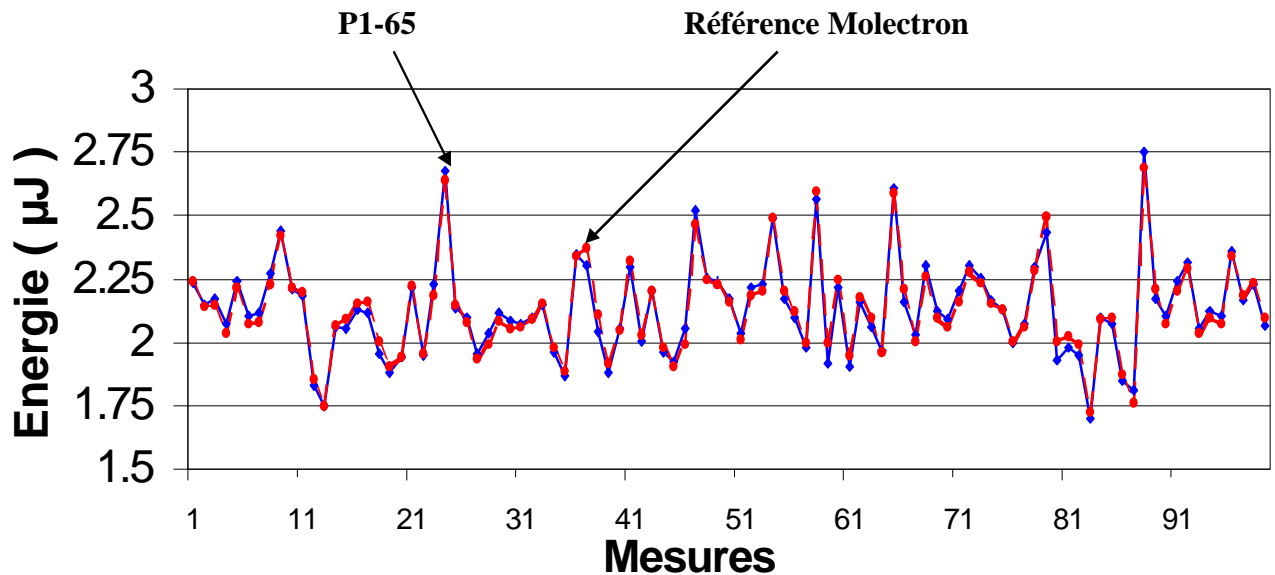


fig 3 : Etalonnage du détecteur.

L'accord entre les deux détecteurs est parfait. Il devient difficile de séparer les deux courbes.

Au cours des différents essais, aucun problème de polarisation n'est apparu comme cela avait pu être le cas avec d'autres échantillons. Le détecteur a toujours parfaitement fonctionné. L'étalonnage à $2 \text{ V}/\mu\text{J}$ a toujours conservé.

Calibre :

Suivant le gain que l'on choisit dans l'électronique d'amplification, la sensibilité change, ainsi que le bruit du détecteur.

Il semble que, pour le détecteur P1-65, $2 \text{ V}/\mu\text{J}$ soit une limite acceptable. Le bruit est alors de 8 nJ . Avec le détecteur P1-45, on peut espérer une sensibilité allant jusqu'à $7 \text{ V}/\mu\text{J}$ avec le même niveau de bruit ou mieux encore. Cela a déjà été réalisé par M. Jacques Durand.

Voici en fonction de la sensibilité du détecteur, les réponses en volt des détecteurs en fonction de l'énergie incidente :

	Energie		
Sensibilité	50 nJ	0,5 μJ	2 μJ
5 V / μJ	250 mV	2,5 V	10 V
4 V / μJ	200 mV	2 V	8 V
2 V / μJ	100 mV	1 V	4 V

tab 4 : Réponse du détecteur suivant la sensibilité.

Ainsi, on s'aperçoit qu'une sensibilité de 5 V/ μ J est bien adaptée au détecteur (P1-45). Le calibre utile peut alors être choisi de 50 nJ à 0,5 μ J, voire 2 μ J. Il faut donc atténuer le faisceau, pour que qu'elle que soit l'énergie du faisceau venant du Drive Beam, l'énergie incidente sur le détecteur soit comprise entre 50 nJ et 0,5 μ J.

II.2. Les filtres :

Les mesures sur le détecteur peuvent se faire sans risque pour le détecteur avec une énergie incidente variant de 50 nJ à 0,5 μ J, voire 2 μ J. Il faut donc atténuer le faisceau, pour que qu'elle que soit l'énergie du faisceau venant du Drive Beam, l'énergie incidente sur le détecteur soit comprise entre 50 nJ et 0,5 μ J.

Choix des filtres :

Il faut des filtres haute puissance qui travaillent à 262 nm. En effet, les filtres doivent supporter l'éclairement maximal de 35 MW.cm⁻². Ils vont atténuer le faisceau pour le rendre mesurable par le détecteur.

Les filtres qui peuvent supporter de tels éclaircements avec une ouverture correspondant à la taille du faisceau sont des filtres interférentiels. Ce sont des filtres diélectriques, non-absorbants donc, mais qui ne travaillent sur une plage de longueurs d'onde étroite (20 nm environ). En dehors de cette plage, leur transmission varie autour de 75 %.

La compagnie qui est capable de fournir ces filtres, et qui les garantit, est CVI. Les filtres sont fabriqués à la longueur d'onde de 266 nm , mais ils fonctionnent également à 262 nm. Ils travaillent en transmission avec un angle d'incidence voisin de 0° (normal à la surface). Les feuilles de qualification des filtres sont fournies.

La transmission d'un filtre optique s'exprime soit en pourcentage de transmission, soit en unité de densité optique (OD=-log(T)).

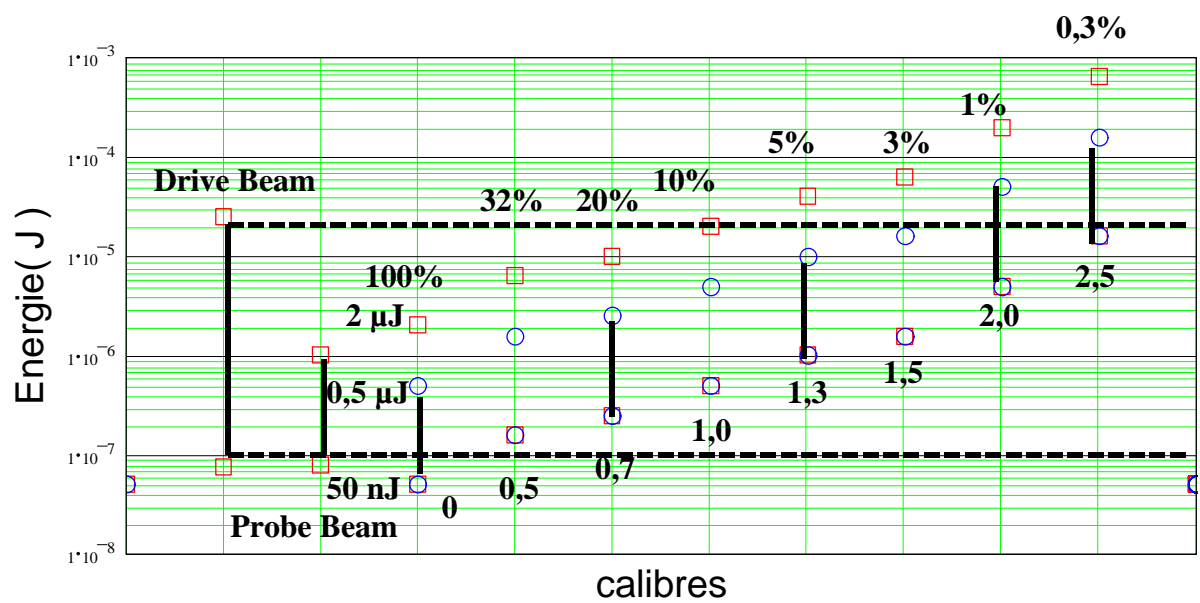


fig 5 : Calibres en fonction des filtres.

Il est donc possible de couvrir toute la gamme d'énergie du Drive Beam en cinq calibres. Quatre filtres sont donc nécessaires. Les filtres retenus sont : 0,7/1,3/2,0/2,5 avec un diamètre de 2 pouces (ouverture de 1,5", soit 38 mm).

Les références des filtres dans le catalogue CVI sont :

- CVI - UVDA - 266 - 0.7 - 20,
- CVI - UVDA - 266 - 1.3 - 20,
- CVI - UVDA - 266 - 2.0 - 20
- et CVI - UVDA - 266 - 2.5 - 20.

Support de filtres :

Il faut pouvoir changer de filtres à distance pendant les mesures. Il est impossible d'entrer dans le CTF pendant l'opération.

Les filtres sont donc montés sur un support motorisé possédant cinq positions. Le support provient de la compagnie Owis, ainsi que le moteur installé sur le support.

Cette roue, support de filtres, est donc facilement intégrable dans le matériel déjà existant au CTF, puisque les moteurs Owis sont déjà utilisés au CTF. Il reste cependant à programmer le logiciel capable de gérer la rotation de la roue support de filtres.

II.3. Le télescope :

La taille du faisceau laser peut varier de 3 à 15 mm. Le diamètre de la partie sensible du détecteur est 5 mm. D'autre part, le faisceau ne doit pas être de taille trop faible sur le détecteur, pour éviter les éclaircissements trop élevés.

Il faut donc un élément optique capable de changer la taille du faisceau.

Diamètre du faisceau	Diamètre sur le détecteur	Grossissement
3 mm	4,5 mm	x 1,5
15 mm	4,5 mm	x 0,3

tab 6 : Plage de variation du grossissement.

Le faisceau incident peut être considéré comme parallèle, puisqu'il parcourt des dizaines de mètres entre la sortie du laser et la photocathode. De même, le faisceau ne doit pas être focalisé à la sortie du système optique. Il doit être également parallèle. Le système optique travaille donc dans une configuration objet à l'infini - image à l'infini. Il s'agit d'un télescope.

Conception :

Il faut concevoir un télescope à grossissement variable. Des éléments vont donc être mobiles.

Avec deux lentilles, il est possible de faire un télescope, mais le grossissement est fixe.

Avec trois lentilles, il est possible de faire un télescope à grossissement variable.

Voici un zoom de ce type :

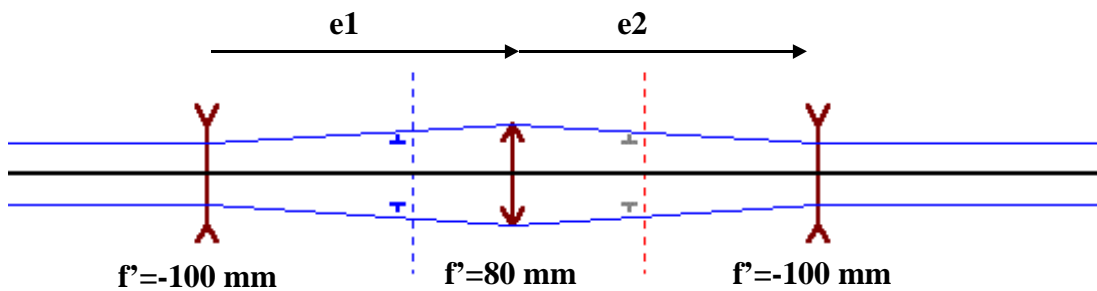


fig 7 : Télescope à trois lentilles .

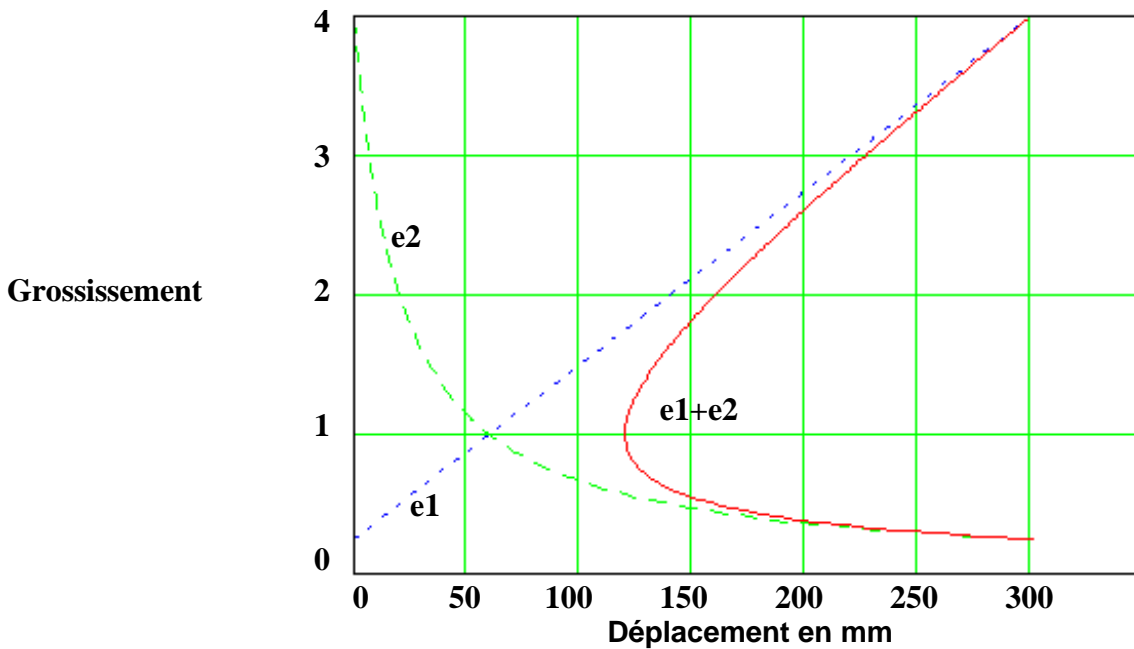


fig 8 : Déplacement des lentilles.

Il faut déplacer deux lentilles pour changer le grossissement et rester afocal. Le déplacement des lentilles n'est pas linéaire. La partie mécanique pour la translation des lentilles est donc complexe.

Il est possible faire un objectif à focale variable avec trois lentilles dont deux sont mobiles et de façon linéaire. En ajoutant une quatrième lentille pour reporter le foyer à l'infini, on obtient un télescope à grossissement variable avec deux éléments mobiles.

Voici un zoom de ce type :

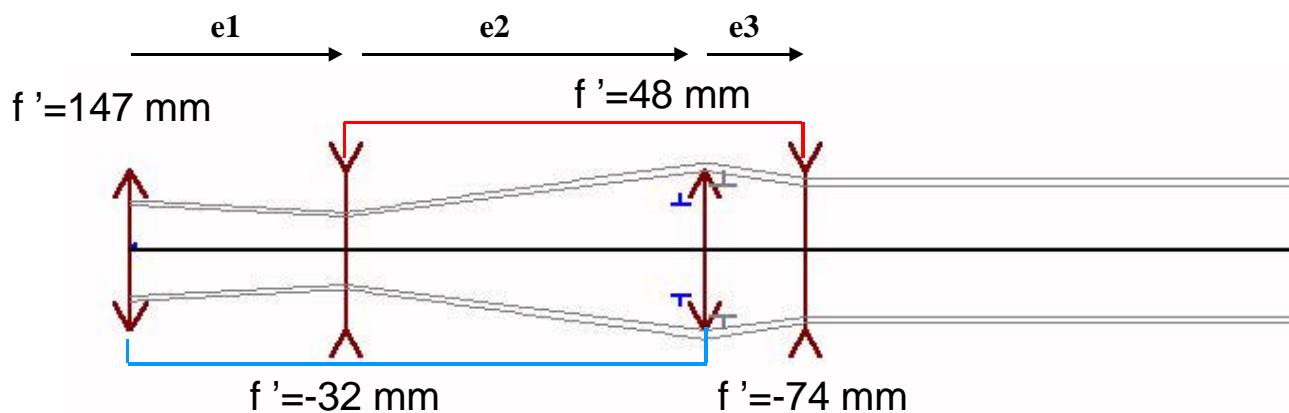


fig 9 : Télescope à quatre lentilles.

Le déplacement des lentilles (déplacement de la deuxième lentille à partir de la position initiale) est le suivant :

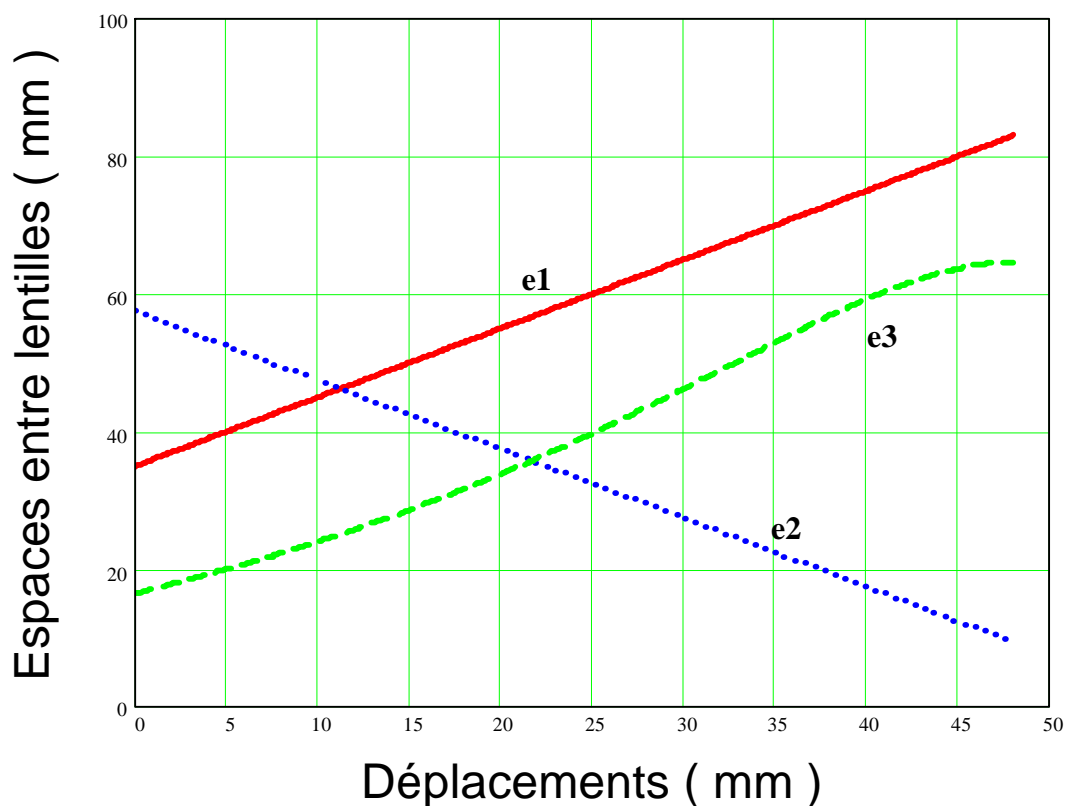


fig 10 : Espaces entre les lentilles.

Sur le graphique, les lentilles sont considérées comme étant indépendantes, les unes par rapport aux autres. On remarque que e_3 n'est pas parfaitement linéaire.

En effet, le tirage intermédiaire (position du foyer de l'ensemble des trois premières lentilles) n'est pas constant. L'objectif constitué par les trois premières lentilles n'a pas un plan focal parfaitement fixe. Il se déplace légèrement avec le déplacement des lentilles. Il faut vérifier

que l'erreur engendrée par ce léger déplacement est tolérable. Il faut vérifier que le foyer de l'ensemble des quatre lentilles est rejeté suffisamment loin pour qu'il puisse être considéré comme étant à l'infini.

Voici le tirage intermédiaire :

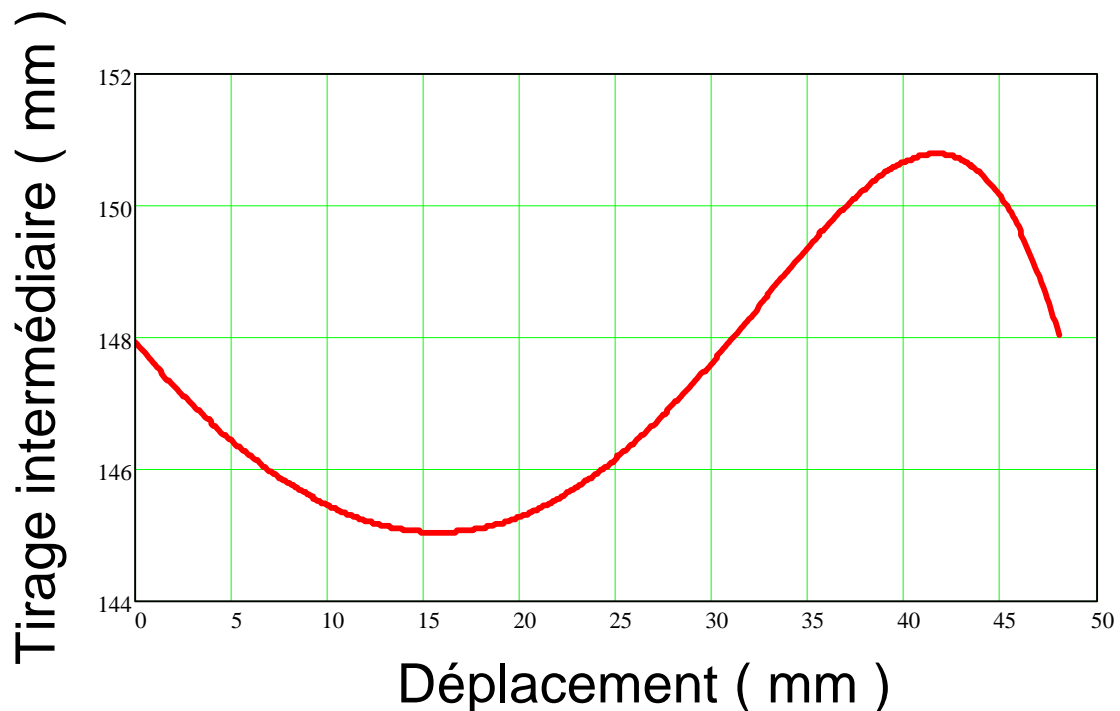


fig 11 : Tirage intermédiaire.

Le déplacement maximal est inférieur à 3 mm. Le foyer se retrouve alors à 2 m de la dernière lentille (erreur de $5 \cdot 10^{-4}$). On remarque que le télescope peut être parfait pour trois positions des lentilles (en considérant un déplacement linéaire de deux éléments).

Cela est donc tolérable sachant que le détecteur se trouve à moins de 10 cm de la sortie du télescope.

Les lentilles 1 et 3 sont donc liées, ainsi que les lentilles 2 et 4. La translation des lentilles (2 et 4 par exemple) est maintenant linéaire.

La mécanique associée est bien plus facile à réaliser que précédemment. On a deux blocs de lentilles qui se déplacent l'un par rapport à l'autre.

Voici le grossissement obtenu avec ces lentilles dans cette configuration :

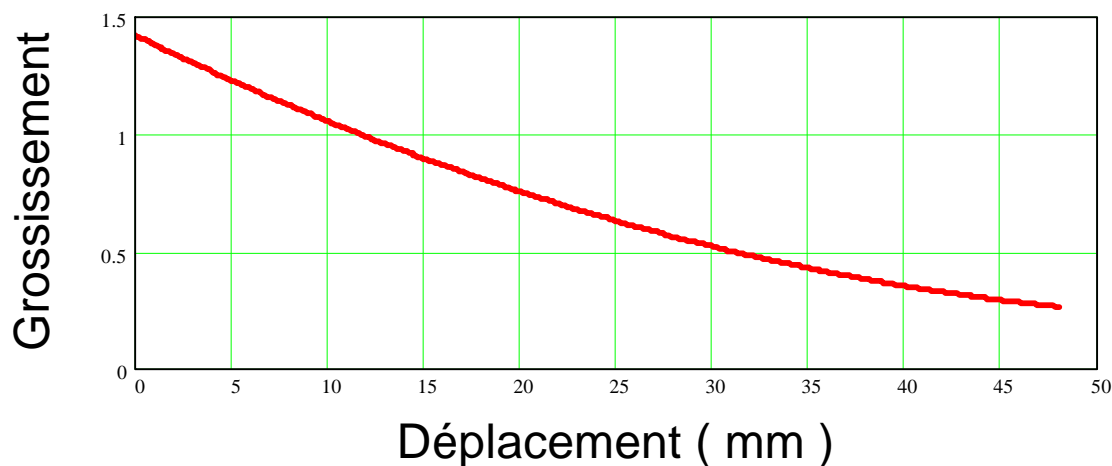


fig 12 : Variation du grossissement.

Ce télescope répond aux spécifications. La conception a pour le moment utilisé le modèle des lentilles minces. Il faut également vérifier le comportement du télescope avec des lentilles épaisses, existantes chez un fournisseur.

Les simulations sont faites en optique classique et également en optique gaussienne. Les résultats concordent.

Voici le télescope avec les lentilles épaisses réelles :

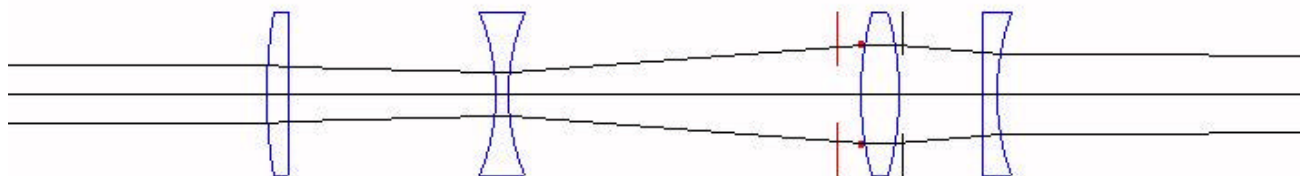


fig 13 : Télescope avec des lentilles épaisses avec un faisceau gaussien.

Les résultats sont les mêmes qu'avec le modèle utilisant les lentilles minces. Seuls les espaces entre les lentilles sont modifiés, puisqu'il faut tenir compte de l'épaisseur des lentilles. L'orientation et la forme des lentilles sont choisies de façon à minimiser les aberrations et à éviter les points de focalisation dus aux surfaces.

Choix des lentilles :

Les lentilles les plus proches de celles données par les simulations théoriques sont les suivantes. Elles proviennent du catalogue CMPE.

- 1^{ère} lentille : lentille plan-convexe CMPE PCX 1305 en silice fondue, diamètre 25,4 mm - focale 150 mm (147 mm à 260 nm),
- 2^{ème} lentille : lentille symétrique bi-concave CMPE BCV 1302 en silice fondue, diamètre 25,4 mm - focale -35 mm (-32 mm à 260 nm),
- 3^{ème} lentille : lentille symétrique bi-convexe CMPE BCX 1303 en silice fondue, diamètre 25,4 mm - focale 50 mm (48 mm à 260 nm),
- 4^{ème} lentille : lentille plan-concave CMPE PCV 1303 en silice fondue, diamètre 25,4 mm - focale -75 mm (-74 mm à 260 nm).

Aucun traitement anti-réfléchissant n'était disponible, donc les surfaces ne sont pas traitées.

Montage du télescope :

Le montage des lentilles et le réglage du télescope est délicat, mais avec une méthode et attention, l'opération peut être effectuée en 15 minutes pour le montage des lentilles et le même temps pour le réglage du télescope (en fait plus rapidement puisque la position des lentilles est maintenant connue).

Le montage doit être précis, car lors du déplacement des lentilles, le faisceau ne doit pas bouger.

Il est plus facile de monter le télescope dans le laboratoire. On dispose ainsi d'un laser dont on peut repérer précisément l'axe de propagation (utiliser des diaphragmes, par exemple, pour repérer l'axe). Il faut effectuer le montage avec un faisceau à 262 nm (ou 266 nm) le plus parallèle possible

Les lentilles doivent être montées dans leur support de telle sorte que lorsqu'elles se déplacent (une lentille seulement sur le rail pour le moment) sur le rail de translation, le faisceau ne se déplace pas. Il faut préalablement rendre l'axe de translation parallèle à la direction du faisceau.

Les lentilles sont centrées une à une, de sorte qu'elles ne dévient pas le faisceau. On assemble ensuite le télescope. Le léger déplacement éventuel du faisceau peut alors être compensé en bougeant l'ensemble du télescope par rapport au faisceau. C'est la recherche des points nodaux.

Pour le montage du télescope, voici les distances entre les lentilles obtenues lors du montage du télescope : distances entre les lentilles 1 et 3 : 78,5 mm, et entre les lentilles 2 et 4 : 67,7 mm.

Voici une méthode pour positionner les lentilles les une par rapport aux autres avec le faisceau.

Dans la configuration du petit grossissement (lentilles 2 et 3 collées), on règle la lentille 3 pour obtenir un faisceau parallèle.

Puis dans la configuration du grand grossissement (lentilles 3 et 4 collées), on règle la lentille 4 pour obtenir un faisceau parallèle.

On reprend la configuration du petit grossissement et on refait le réglage précédent si besoin est. Et ainsi de suite. Cela converge.

Tests :

Une fois, le télescope monté, différents tests ont vérifié son fonctionnement. Les résultats sont concluants.

La plage de variation du grossissement est suffisante pour avoir un faisceau à la sortie du télescope de diamètre entre 4 et 5 mm avec un diamètre de faisceau entrant variant entre 3 et 15 mm.

Lors du déplacement des lentilles (manuellement ou à l'aide de la platine de translation motorisée), le faisceau laser se déplace de moins de 0,25 mm (aucun déplacement du centre du faisceau n'a été observé à l'oeil) à 15 cm de la dernière lentille. C'est suffisant pour le détecteur placé en sortie.

Mais il faut remarquer que le télescope est parfaitement dans l'axe du faisceau et que le faisceau ne se déplace pas.

Pour être moins sensible au déplacement du faisceau, le détecteur est placé assez près (10 cm environ) de la sortie du télescope (pas de point de focalisation).

De plus, un diffuseur (méthode très efficace contre le problème de déplacement de faisceau) est placé devant le détecteur. Sa transmission doit être calibrée lors de sa mise en place, car elle dépend de la distance à laquelle il se trouve de la surface du détecteur.

La transmission moyenne du télescope est de ($69,0 \pm 1,5$) %. (pas de traitements anti-reflets, 8 surfaces). Elle ne dépend pas de la taille du faisceau (taille adaptée au grossissement).

La variation de la transmission du télescope lorsque les lentilles se déplacent est acceptable. Elle est inférieure à 7 %.

Les lentilles 2 et 4 sont liées ensemble et les lentilles 1 et 3 sont fixes sur le rail. Les lentilles 2 et 4 se déplacent donc et sont entraînées pour la translation par la platine Owis. La course de la platine de translation est adaptée au déplacement des lentilles.

Il faut prévoir le programme de télécommande du moteur pour déplacer les lentilles depuis la salle de contrôle du CTF. Cela ne devrait pas poser de difficultés puisque les mêmes platines sont déjà utilisées.

II.4. Le détecteur pour la taille du faisceau :

La taille du faisceau sur le détecteur (joulemètre) peut varier, puisque le faisceau incident, lui-même, varie et que le télescope peut changer le grossissement. Or le faisceau ne doit ni être trop grand, ni être trop petit sur le détecteur.

S'il est trop grand, seule une partie du faisceau est mesurée et la mesure est erronée.

S'il est trop petit, l'éclairement incident peut devenir très important et dépasser le seuil de dommage du détecteur.

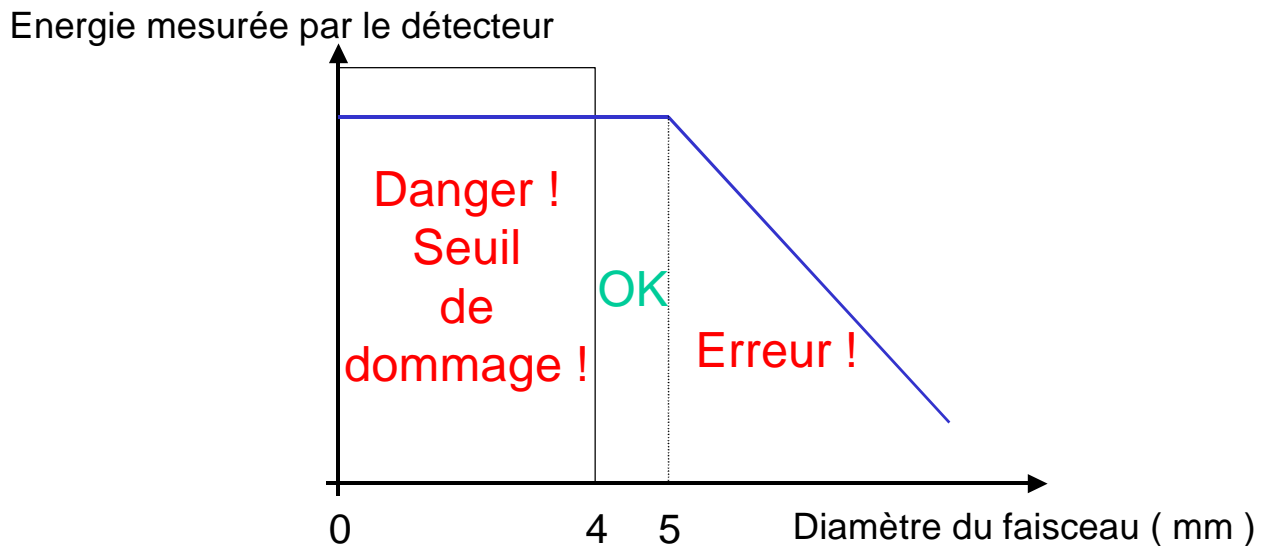


fig 14 : Principe du détecteur de taille du faisceau.

Il est facile de se rendre compte que le faisceau est trop grand, car dans ce cas, l'énergie mesurée chute très rapidement. Par contre, il peut être plus délicat de se rendre compte que le faisceau est un peu petit (sans pour atteindre obligatoirement le seuil de dommage). L'extrémité (droite) du plateau peut être un peu fastidieuse à rechercher avec les fluctuations du laser.

Un détecteur spécial a donc été développé pour savoir si le faisceau a une taille suffisante pour être sans danger pour le détecteur.

Principe de fonctionnement :

Un cache est centré sur la partie sensible du détecteur. Sa taille peut être adaptée à la taille que l'on souhaite obtenir (différentes tailles de cache disponibles). Le cache obture complètement le faisceau si celui-ci est trop petit. Le détecteur ne voit pas le faisceau et la sortie reste au niveau 0.

Lorsque le faisceau augmente de taille et qu'il dépasse la taille du cache, le détecteur se sature (réglage du gain) et la sortie passe au niveau 1 (réglage du seuil du comparateur).

La sortie est un signal TTL qui indique donc si le faisceau a la taille requise (autour de 4 mm de diamètre pour notre détecteur).

L'électronique du détecteur comprend plusieurs réglages. Il faut régler l'offset et le gain du détecteur pour que la sortie du détecteur soit juste saturée avec le faisceau de taille minimum et de faible énergie (50 nJ si c'est le minimum du calibre). Ensuite, il faut régler le seuil du comparateur pour que la sortie bascule lorsque le signal est suffisant. Enfin, il faut régler le retard de l'horloge en fonction du trigger pour initialiser le comparateur.

Les tests au laboratoire ont validés ce système de détection de la taille du faisceau. Si le réglage du gain est adapté (comme décrit précédemment), le détecteur fonctionne parfaitement sur toute la gamme du calibre (50 nJ - 2 μ J). Le détecteur, très sensible, est très vite saturé. C'est pour cela, que l'on travaille peut travailler en logique 0 ou 1. Par contre, la lumière parasite peut perturber les mesures (comme les mesures d'énergie d'ailleurs). Il faut donc prévoir une boîte hermétique à la lumière extérieure pour protéger les détecteurs des autres sources de lumière.

Les détecteurs sont larges bandes. Il est également possible d'ajouter un filtre adapté à la longueur d'onde de travail, mais cela transmission de l'ensemble des optiques.

Le boîtier électronique a été réalisé par Cégélec sous les références PS 680-2071-300 et PS 680-2071-310. Ces boîtiers n'ont pas encore été testés.

D'autres moyens sont envisageables pour mesurer la taille du faisceau sur le joulemètre. Par exemple, une barrette ccd sensible dans l'ultraviolet permet d'avoir la taille réelle du faisceau. Ce moyen de mesure n'a pas été retenu, car le matériel n'était pas disponible, contrairement à l'autre système.

III. Les futurs développements :

L'ensemble du système a été validé par des tests au laboratoire. Toutes les pièces sont disponibles en double exemplaire. Un système complet est monté et est prêt à être installé au CTF (après quelques réglages pour l'adapter aux conditions du CTF).

Pour l'installation au CTF, il reste de nombreux développements à effectuer.

Certains développements ont déjà été évoqués dans les paragraphes précédents, comme ceux concernant le boîtier électronique du détecteur Molelectron P1-45, le logiciel de commande des moteurs Owis pour la platine de translation et le support de filtres.

III.1. Le programme d'acquisition :

Tout le système doit être commandé depuis la salle de contrôle du CTF. Il faut donc prévoir tous les branchements et toutes les parties logicielles.

L'alimentation des moteurs, les commandes des moteurs, les commandes de l'obturateur (signal TTL), les acquisitions analogique (joulemètre) et numérique (détecteur de taille de faisceau), le timing sont à étudier.

Le programme qui gèrent les acquisitions avec le contrôle des différents éléments est à faire. Il faut également prévoir un système de sécurité (et un système local) qui contrôle la fermeture de l'obturateur lorsque le joulemètre est saturé ou le faisceau trop petit.

Toute la logique de déplacement du zoom et du choix des filtres est à étudier pour que le joulemètre soit toujours en sécurité.

Il faut remarquer que, malgré toutes les précautions prises, le joulemètre peut toujours être atteint par une impulsion trop intense. L'obturateur ne coupe le faisceau qu'une fois le détecteur saturé. Le choix des calibres fait que normalement la saturation a lieu avant que le seuil de dommage ne soit atteint. Mais tant qu'aucun système passif limitant, de lui-même et instantanément, l'énergie des impulsions qui le traversant, n'existe, le risque existe toujours.

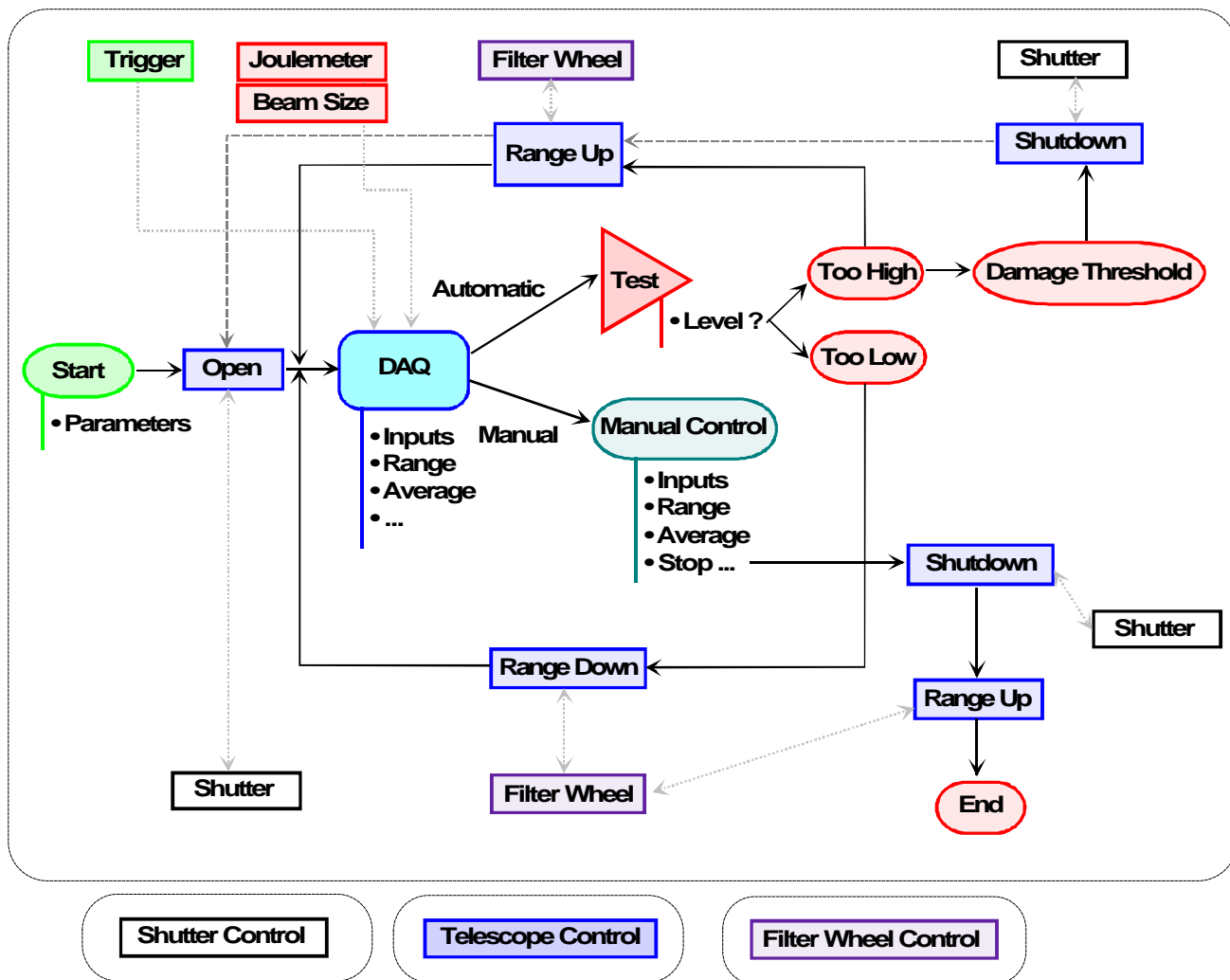


fig 15 : Etude de la logique du programme de contrôle.

III.2. L'installation au CTF :

D'autre part, l'installation au CTF demande des adaptations spécifiques.

L'alignement optique du système doit être très précis pour fonctionner correctement. Pour cela, il est impératif de définir précisément l'axe du faisceau laser et d'aligner le télescope et les détecteurs sur cet axe.

Pour cela, il semble utile de repérer à l'aide de deux diaphragmes (les plus éloignés possible) l'axe du système (rail de translation du télescope) et de régler le télescope et les détecteurs sur cette référence.

Ensuite, il suffit de faire coïncider l'axe du faisceau laser et l'axe de référence du système. Deux miroirs (cf. tabouret optique) sont nécessaires pour avoir tous les degrés de liberté possibles dans le réglage de l'axe du faisceau laser.

Pour faire des mesures d'énergie, il faut aussi calibrer la transmission de tous les éléments optiques (miroirs de prélèvement, filtres (feuilles de qualification CVI), télescope, lame séparatrice, diffuseur, sensibilité du joulemètre).

D'autre part, aucune étude sur la tenue aux radiations n'a été effectuée. Il faudra donc protéger au maximum l'électronique et l'optique par un blindage adapté.

IV. Conclusion :

La note a présenté les différentes parties composant le système de mesure d'énergie par impulsion pour les lasers du CTF.

Tous les développements optiques ont été testés et validés. L'alignement optique nécessaire pour un bon fonctionnement du système doit être précis, mais cela va de pair avec une bonne précision dans les mesures.

Les développements mécaniques, spécifiques au système, sont terminés. Deux systèmes complets sont disponibles.

Les développements restants sont essentiellement électroniques et logiciels pour l'installation complète au CTF.