Réalisation de la maquette IFTSUV

La première étape de la validation du principe de fonctionnement d'un spectromètre imageur à transformée de fourier dans l'ultraviolet est la réalisation en laboratoire d'une maquette d'un tel instrument et la vérification de son fonctionnement et de ses performances. Une première étape dans ce processus est la réalisation d'une maquette dans l'air fonctionnant dans l'UV proche. En effet, l'installation et le fonctionnement d'une expérience dans une cuve à vide est longue et complexe, lors de la première phase de validation du concept il faut avoir la possibilité d'intervenir rapidement sur la maquette pour éventuellement en modifier des éléments. La seconde étape est le passage sous vide de cette maquette pour un fonctionnement à des longueurs d'ondes plus courtes notamment à la longueur d'onde pour laquelle l'instrument a été pensé : la raie Lyman α de l'hydrogène. Puis vient l'étape de spatialisation de l'instrument. Ma thèse est consacrée à la réalisation de la première étape.

1 Choix du schéma optique

Les choix du système optique pour la réalisation de la maquette et des paramètres de celui-ci ont été contraints par différents critères. Le travail dans l'air impose des longueurs d'onde supérieures ou approchant 200 nm. Une autre contrainte importante est le système permettant le déplacement du miroir mobile de l'interféromètre. Afin d'obtenir la résolution spectrale souhaitée, la course totale de ce miroir doit être de l'ordre de 800 μm (voir la table 7.1) , et l'échantillonnage des données impose que ce déplacement soit réalisé avec une précision nanométrique. Or dans le commerce, les platines de translation répondant à ce dernier critère n'ont pas de courses aussi longues. La plus grande course disponible à l'époque de l'achat de la platine était de 200 μm, ce qui impose de replier le chemin optique pour multiplier par quatre cette distance. La solution choisie est d'utiliser un miroir double face sur lequel se réfléchissent les deux faiceaux formant les bras de l'interféromètre. Ainsi lorsque le miroir se déplace de 10 μm, l'augmentation du chemin optique dans un bras de l'interféromètre est de 20 μm alors que l'autre bras voit une diminution de 20 μm de son chemin optique. Donc lorsque le miroir se déplace de 10 μm la variation de chemin optique entre les deux bras de l'interféromètre est de 40 μm, et pour la totalité de la course la différence de marche totale possible est bien de 800 μm. Les autres contraintes sont d'ordre matériel comme l'encombrement sur le marbre, la disponibilité de certains composants au laboratoire, le coût et les délais d'obtention des composants.
Le système optique choisi est illustré sur la figure 7.1. Le schéma optique est complexe pour deux

maquette IFTSUV	
Longueur d'onde	200 nm
Résolution spectrale	0.05 nm
Pouvoir de résolution	4 000
Bande passante	25 nm
Différence de chemin optique maximum	800 μm
Nombre d'échantillons	7609
Pas de déplacement du miroir	52.5 nm
Transmission	6%

Tab. 7.1: Principaux paramètres de la maquette IFTSUV

raisons essentiellement : l'instrument, pour des raisons d'encombrement, est séparé en deux niveaux, et l'instrument comporte deux modes de fonctionnement. En effet, la maquette comporte une voie visible qui permet d'aligner et tester la partie interférométrique de l'instrument. Cette voie sert également de contrôle pendant le fonctionnement de l'instrument dans l'ultraviolet. Je vais d'abord décrire le chemin optique de la voie UV de système optique, le coeur de l'instrument. Deux sources distinctes sont utilisées pour simuler le rayonnement solaire : une lampe à cathode creuse NePt qui émet des raies fines et une lampe à lumière blanche émettant un spectre continu entre 200 nm et 800 nm.
La transmission de l'instrument vaut 6 % : la réflectivité des miroirs et du réseau recouverts de MgF_2 est de l'ordre de 80%, l'efficacité des réseaux est estimée à 60 %. L'efficacité du détecteur CCD utilisé est d'environ 15 % à 200 nm. Il est possible d'évaluer le nombre de coups que recevrait cette maquette de laboratoire (qui diffère de l'instrument théorique étudié dans le chapitre précédent pour fonctionner à H-Lyman α) si on l'utilisait avec le rayonnement solaire à 200 nm. L'irradiance solaire à cette longueur d'onde est de $1.03\,10^{16}\,ph.cm^{-2}.s^{-1}.sr^{-1}$ (valeur obtenue par [Donnelly and Pope, 1973]). Le nombre de coups par seconde et par pixel sur le détecteur est 32130.

2 Réalisation des simulations du fonctionnement de la maquette

Les simulations de la maquette IFTSUV sont réalisées grâce au logiciel Zemax, elles ont été effectuées avant et pendant la réalisation de la maquette. Il a été nécessaire d'utiliser le mode non séquentiel du logiciel à cause de la complexité du système optique (réflexions multiples et utilisation de réseaux de diffraction en réflexion) et l'utilisation de deux sources lumineuses différentes situées à deux endroits différents de la maquette. La limitation de ce mode de fonctionnement vient du fait qu'aucune analyse qualitative ne peut être effectuée sur l'instrument. Seuls les détecteurs simulés permettent par exemple de calculer la taille d'une tâche image (avec l'impact des rayons sur leur surface), ou tenter d'apprécier le niveau des aberrations de l'image, et encore faut-il pour cela calculer un nombre très important de rayons optiques, ce qui est très gourmand en temps de calcul. Cependant ce mode est intéressant dans le cas d'étude de la lumière parasite, il est possible de positionner des blaffes qui sont en fait des détecteurs et on observe là où des rayons non utiles frappent les parois et peuvent créer des points chauds.

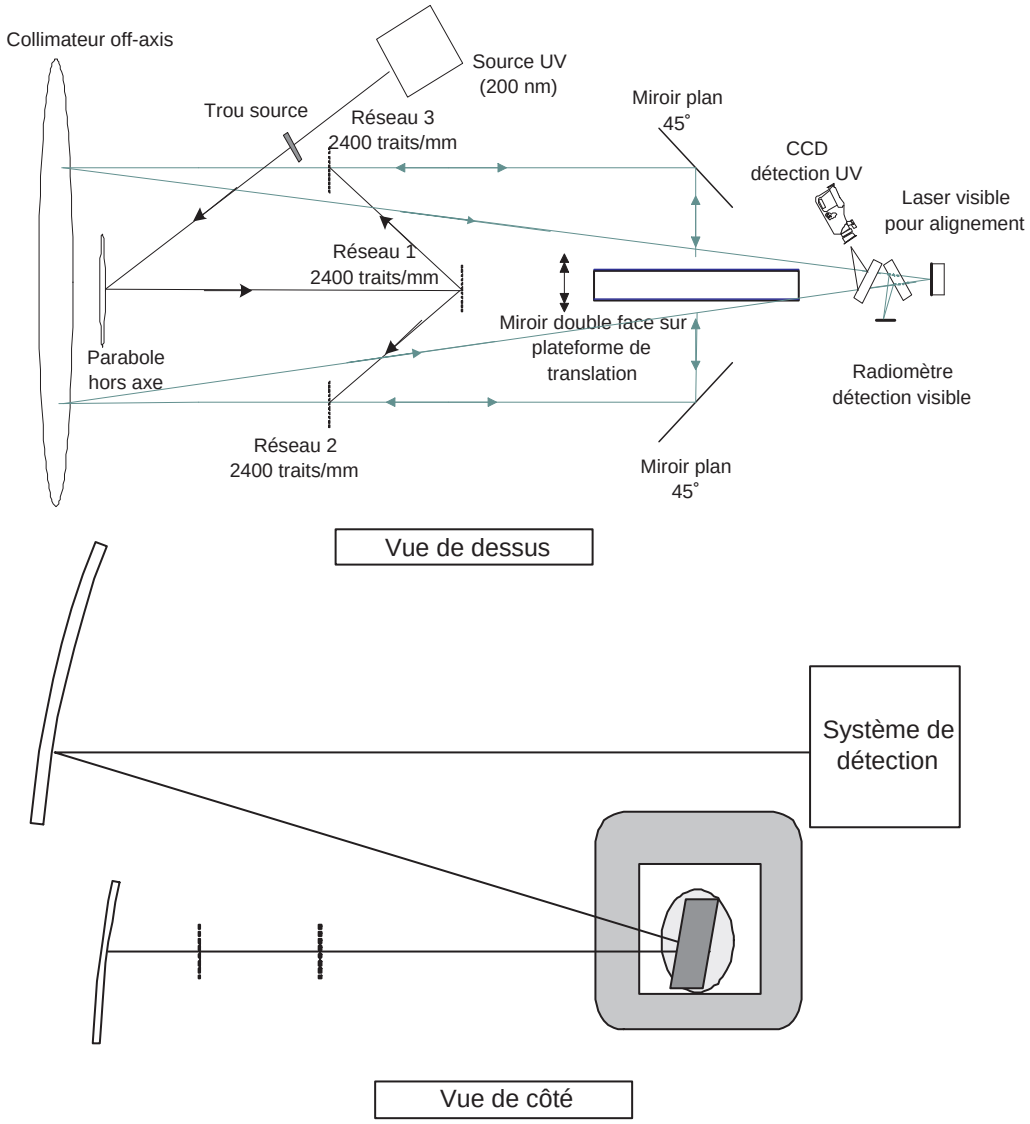

Fig. 7.1: Schéma optique du système optique choisi pour la maquette IFTSUV.

Simulation du fonctionnement dans le visible Dans un premier temps, les simulations réalisées ont concerné le fonctionnement de la maquette pour la voie de contrôle en lumière visible. La figure 7.2 illustre le tracé de rayon réalisé pour cette configuration de l'instrument, on voit également l'impact des rayons sur le détecteur. Un petit programme rédigé en basic permet de réaliser une simulation du fonctionnement de l'interféromètre. Ce programme consiste essentiellement en une boucle FOR. A chaque appel de la boucle, le miroir double face est déplacé, les rayons tracés, et l'intensité sur le détecteur enregistrée. Le résultat du programme est constitué de deux vecteurs l'un contenant les positions du miroir et l'autre contenant les intensités enregistrées. Ces données permettent de tracer l'interférogramme simulé et de calculer le spectre en appliquant la transformée de Fourier. Les résultats obtenus par ces simulations confirment le bon fonctionnement théorique de la maquette. Au cours de l'alignement de la maquette, il s'est avéré que la platine de translation avait une précision de positionnement plus faible que celle espérée ($\pm$ 5 nm au lieu de $\pm$ 1 nm). J'ai donc simulé cette erreur de positionnement sur la maquette pour visualiser l'impact sur la qualité du spectre obtenu. Le résultat obtenu par simulation est illustré sur la figure 7.3. On observe une diminution du contraste des franges et une irrégularité de celles-ci. Le spectre est plus bruité et l'intensité du pic détecté plus faible mais il y a tout de même détection.

Simulation du fonctionnement dans l'ultraviolet L'étape suivante est la simulation du fonctionnement de la maquette IFTSUV dans l'ultraviolet. Ces simulations ont été effectuées pendant le montage et l'alignement de la maquette. Par rapport à l'instrument simulé précédemment, une source UV et un collimateur (parabole hors axe) ont été ajoutés, le système de lames a été remplacé par un miroir puisque l'UV est réfléchi par le révêtement sur la première surface de la première lame (voir annexe E partie 3). Le tracé de rayon pour cette configuration de la maquette IFTSUV est illustré sur la figure 7.4. La première simulation effectuée est celle d'une maquette idéale fonctionnant en lumière monochromatique à 200 nm. Le résultat de cette première simulation est illustré sur la figure 7.5 et confirme le bon fonctionnement et le bon choix de paramètres de la maquette. La figure 7.6 donne l'interférogramme simulé et le spectre obtenu lorsque la lumière incidente est composée de 11 raies de même intensité autour de 200 nm. Ensuite, comme la qualité des surfaces optiques pouvait s'avérer être un problème, j'ai décidé de simuler ma maquette “ réelle ”, avec les erreurs de positionnement de la platine de translation supportant le miroir mobile et les qualités de surface des différentes optiques. Le logiciel Zemax ne prend pas en compte la qualité des surfaces de façon triviale, c'est à dire qu'il n'est pas possible d'indiquer au logiciel qu'une surface est à $\lambda/20$ par exemple.
La solution que j'ai trouvée pour remédier à ce problème est d'utiliser les surfaces de Zernike. Ces surfaces sont définies par les polynômes du même nom ; en utilisant un degré très élevé (supérieur à 200 dans ce cas) de ces polynômes, on obtient une surface composée de nombreux creux et bosses. Il suffit de transformer la qualité de surface RMS en qualité de surface “ pic to valley ” (PV) et on multiplie le polynôme de Zernike par le coefficient de qualité de surface PV pour obtenir une surface équivalente à une surface réelle de qualité donnée. Les miroirs (surfaces standards) sont directement transformés en surfaces de Zernike ; dans le cas des réseaux, j'ai placé une surface de Zernike immatérielle devant eux. Cette solution a cependant un gros inconvénient, elle demande un temps de calcul rédhibitoire. Pour effectuer une simulation à la bonne résolution, c'est à dire en balayant toute la course et en échantillonnant de façon à avoir la résolution souhaitée, il faut compter plusieurs semaines pour le calcul de seulement 5 000 rayons (une bonne étude quantitative s'effectue avec au moins 100 000 rayons). J'ai

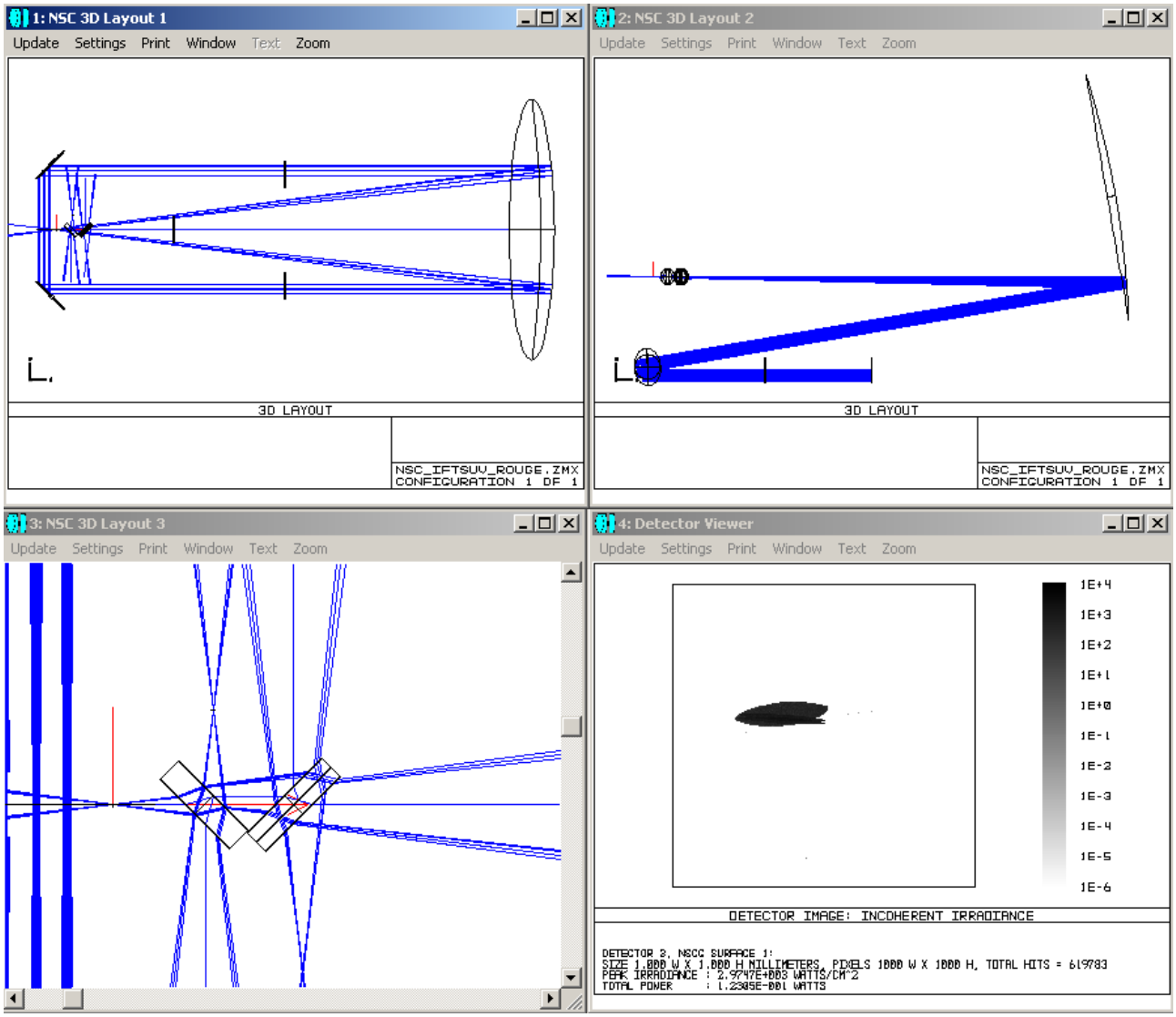

Fig. 7.2: Tracé de rayons et leur impact sur le détecteur dans la configuration voie de contrôle visible de la maquette IFTSUV.

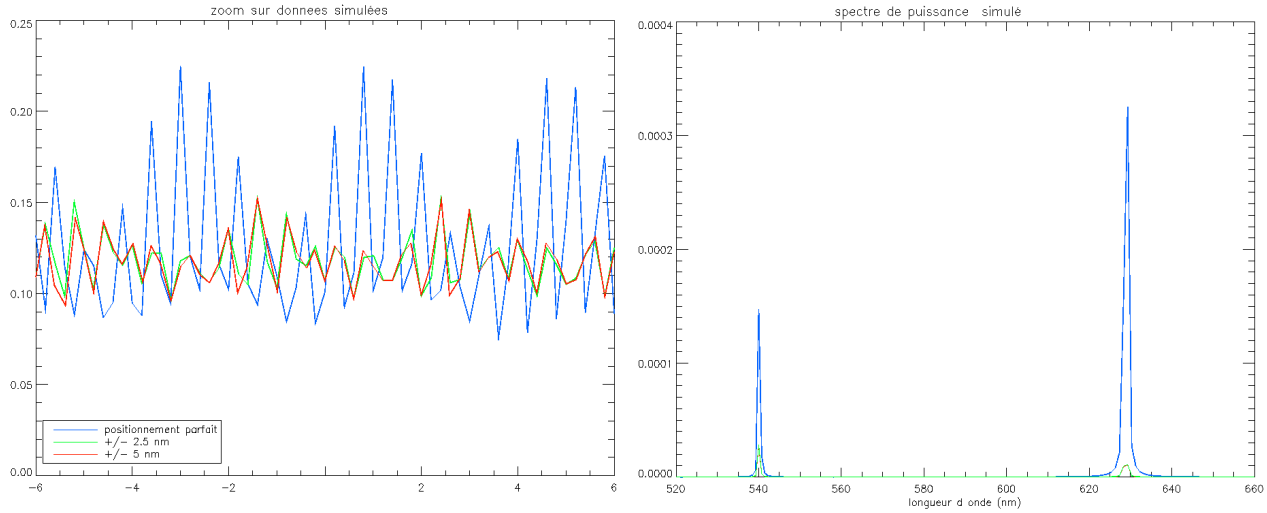

Fig. 7.3: Interférogramme et spectre obtenus par la simulation de la maquette (fonctionnement dans le visible) en prenant en compte l'erreur de positionnement du miroir mobile.

donc été obligée de réduire la course et l'échantillonnage afin de maintenir les simulations dans des temps raisonnables (10 jours environ). Mais de ce fait les résultats de ces simulations ne peuvent servir d'élément de comparaison pour le fonctionnement réel de la maquette. La figure 7.7 donne un exemple de résultat obtenu en lumière monochromatique à 200 nm lorsqu'on prend en compte la qualité des surfaces et l'erreur de positionnement de la platine de translation. On peut comparer l'interférogramme et le spectre obtenu avec ceux obtenus dans le cas idéal. Cependant, les résultats obtenus pour cette simulation ne sont qu'une approximation et l'influence de la qualité de surface est inférieure à celle estimée dans le chapitre précédent (chapitre 6 section 3.2).

3 Montage et alignement de la maquette IFTSUV

3.1 Montage mécanique

3.1.1 Installation des composants

Les principales difficultés du montage mécanique sont l'encombrement sur le marbre, le co-alignement entre les deux plateformes supérieures et le niveau inférieur et l'orientation de toutes les surfaces optiques à la précision d'une seconde d'arc. Une des plateformes composant l'étage supérieur supporte le collimateur hors axe, l'autre supporte tout le système de détection et l'ensemble trou " source " /objectif (voir figure 7.1). Les montures sont standards et encombrantes ce qui rend les mesures de distance entre composants malaisées et donc approximatives. En effet, les vis de réglage de très haute précision (butées différentielles) sont très longues et les montures de miroirs pouvant accueillir ces vis sont encombrantes (taille caractéristique 70 mm pour un miroir de 25.4 mm de diamètre). Dans un premier temps, le positionnement des composants est effectué à la précision du millimètre.
L'installation de la partie UV de l'instrument a été effectuée en fin thèse. Cette partie de l'instrument

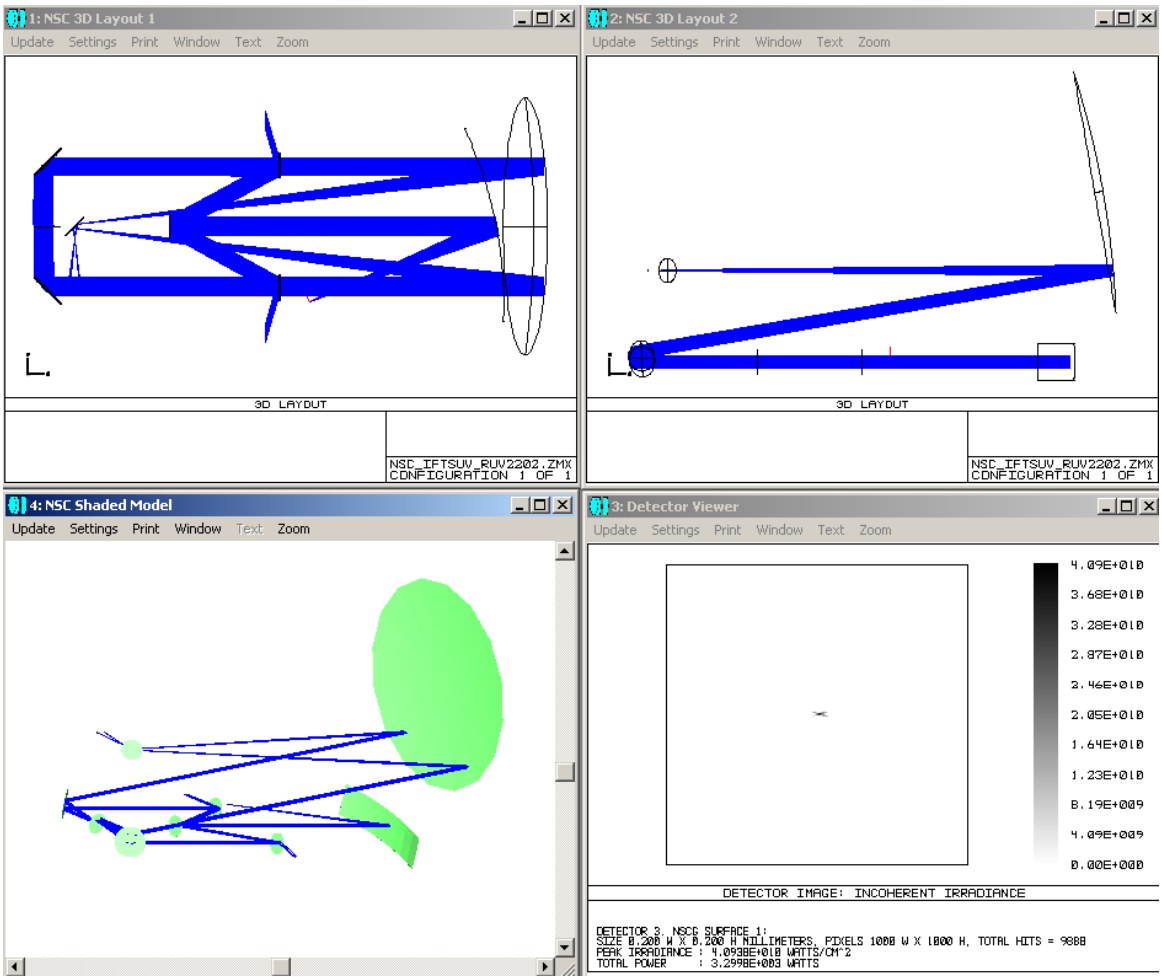

Fig. 7.4: Tracé de rayons et leur impact sur le détecteur dans la configuration voie UV de la maquette IFTSUV.

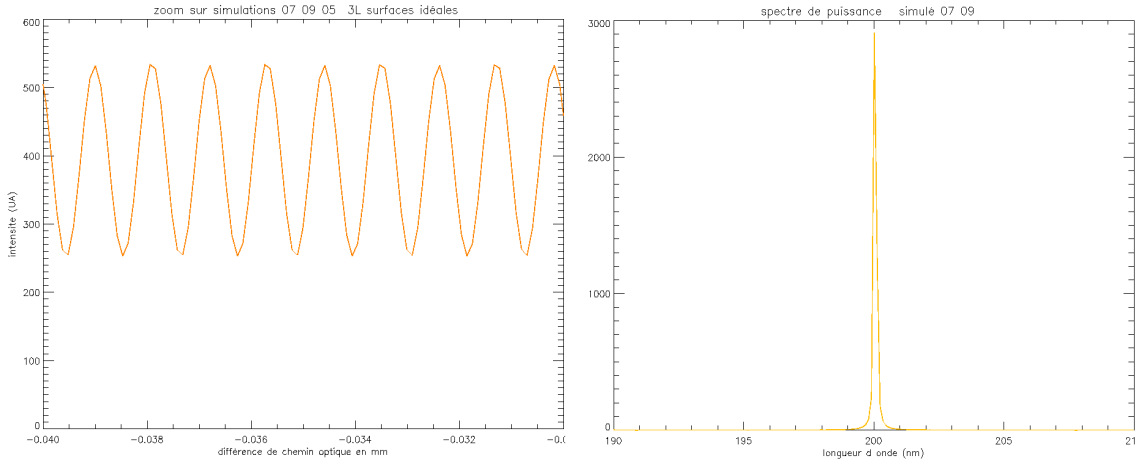

Fig. 7.5: Interférogramme et spectre obtenus par la simulation de la maquette IFTSUV dans la configuration voie UV (lumière monochromatique à 200 nm).

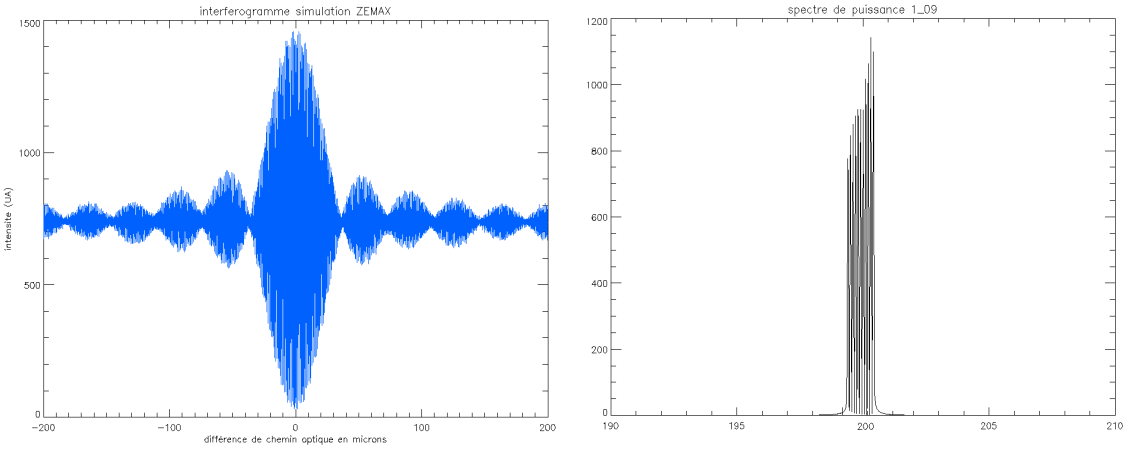

Fig. 7.6: Interférogramme et spectre obtenus par la simulation de la maquette IFTSUV dans la configuration voie UV (11 raies autour de 200 nm).

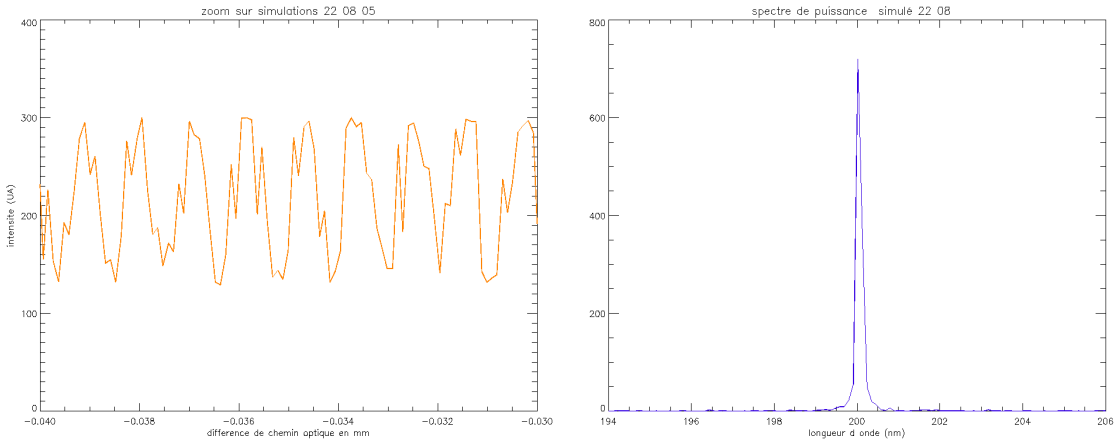

Fig. 7.7: Interférogramme et spectre obtenus par la simulation de la maquette (fonctionnement dans l'UV) lorsque des surfaces de Zernike sont ajoutées aux surfaces idéales pour simuler au mieux des surfaces réelles.

est constituée de deux sources, d'un système de mise en forme et de superposition des faisceaux émis par ces sources, d'un trou " source " , d'un collimateur et d'une caméra CCD sensible dans l'UV. Les deux sources ont été préalablement utilisées lors des étalonnages et tests de l'instrument SUMER de 1992 à 1994 ; il s'agit d'une lampe à cathode creuse Néon-Platine émettant des raies en dessous de 200 nm et d'une lampe au Xénon émettant un spectre continu de 180 nm à plus de 1300 nm (voir Annexe E). Deux miroirs et une lame semi réfléchissante permettent de surperposer les faisceaux sur le trou source. Le faisceau peu intense de la lampe à cathode creuse a été focalisé sur le trou à l'aide d'une lentille en MgF_2. Le trou " source " est placé au foyer d'un parabole hors axe, créant ainsi un faisceau collimaté en incidence normale sur le réseau central. La caméra CCD, dont le fonctionnement est décrit en annexe 5.2, est installée au niveau supérieur, une lentille permet de réimager les taches images superposées sur le détecteur.

3.1.2 Orientation des surfaces optiques

Toutes les optiques doivent être inscrites dans des plans rigoureusement parallèles à un plan de référence, ou orthogonal dans le cas du miroir mobile. C'est le cas également pour les miroirs à 45° qui ne seront inclinés de quelques degrés qu'en fin de réglage, et qui serviront auparavant de référence intermédiaire pour certains réglages. La tolérance pour les orientations de surface est de l'ordre de la seconde d'arc. Les mesures d'orientation sont effectuées à l'aide d'un auto collimateur (Möller-Wedel, précision : 0.3") associé à un miroir double face et d'un prisme dont les trois faces sont réfléchissantes. Le parallélisme entre les deux faces du miroir est de 2" : c'est donc une première limitation de l'alignement. Le réseau central est choisi comme plan de référence, on l'oriente perpendiculairement au montant de la platine de translation (voir figure 7.8). Puis une référence secondaire, un grand miroir plan dont la surface est réglée parallèle au réseau, est installée à l'extérieur de l'instrument pour être plus accessible (figures 7.9 et 7.10). L'encombrement sur le marbre n'a pas permis d'installer d'autres références secondaires.

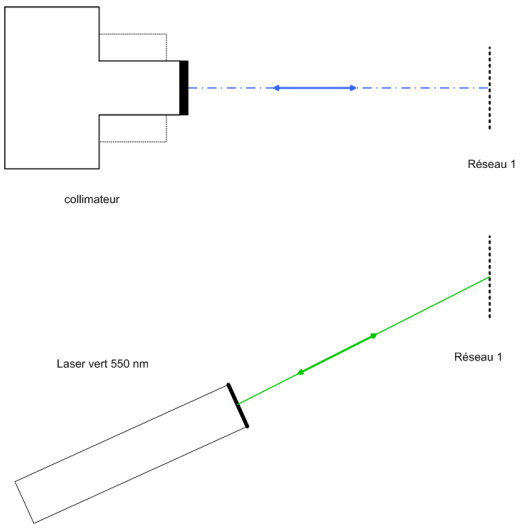

Fig. 7.8: Alignement du réseau central.

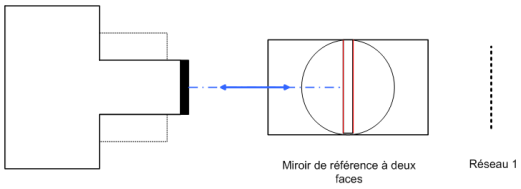

Fig. 7.9: Installation d'une surface de référence extérieure.

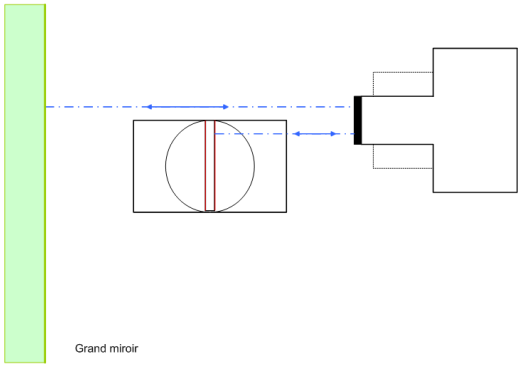

Fig. 7.10: Installation d'une surface de référence extérieure.

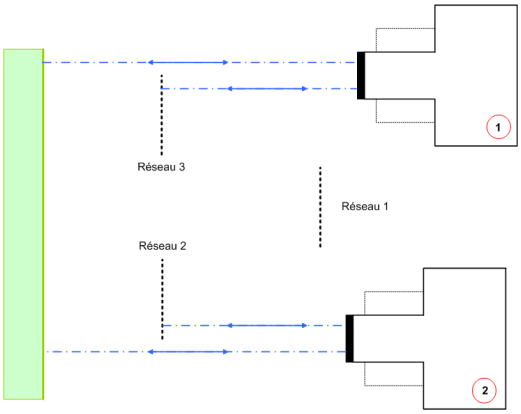

Fig. 7.11: Alignement des réseaux secondaires.

Les traits du réseau central (réseau 1) sont alignés verticalement en utilisant le laser vert ($\lambda = 543.5\,nm$) en auto collimation. Le laser fait un angle de 40.66° avec le réseau, ce qui correspond à la diffraction dans le premier ordre (voir figure 7.8).

Les deux réseaux symétriques (réseaux 2 et 3) sont ensuite alignés à l'aide du collimateur en utilisant la référence secondaire (voir figure 7.11). L'orientation des traits des deux réseaux est réglée parallèlement aux traits du réseau 1 en utilisant un laser bleu ($\lambda = 484\,nm$). Les faibles distances entre les réseaux 2 et 3 d'une part et entre ces réseaux et le réseau central d'autre part ne permettaient pas d'utiliser le laser vert. L'angle de diffraction dans le premier ordre pour le laser bleu vaut 35.5° (voir figure 7.12).

Le miroir mobile est ensuite aligné en utilisant le prisme, l'auto collimateur et un des réseaux secondaires comme illustré sur la figure 7.13. La qualité de l'angle droit du prisme a été mesurée auparavant et vaut 5 secondes d'arc, ce qui est une nouvelle limitation de l'alignement global de la partie inférieure de la maquette. Le parallélisme entre les faces du miroir est meilleur que $10''$(données constructeur) ; un contrôle rapide de l'alignement de l'autre face du miroir à l'aide du même montage permet de s'assurer que cette valeur est correcte.

Enfin les miroirs à 45° sont alignés à l'aide du prisme et de l'auto collimateur en utilisant le miroir mobile et le réseau secondaire du bras en question comme illustré sur la figure 7.14.

Ensuite les deux plateformes constituant l'étage supérieur de la maquette sont installées. Ces plateformes sont constituées de plaques d'aluminium percées supportées par quatre pieds de hauteur fixe. Afin d'assurer la rigidité de l'ensemble des plateformes supérieures et du banc d'optique inférieur, des tiges d'aluminium viennent relier les deux parties supérieures. La parabole hors axe qui assure la recombinaison des faisceaux est installée sur une des plateformes. L'autre plateforme supporte l'ensemble des systèmes de détection ainsi que la partie source visible servant à l'alignement et au fonctionnement dans le visible décrit plus loin. L'encombrement sur cette partie de la maquette est particulièrement critique comme on peut le voir sur la figure 7.15.

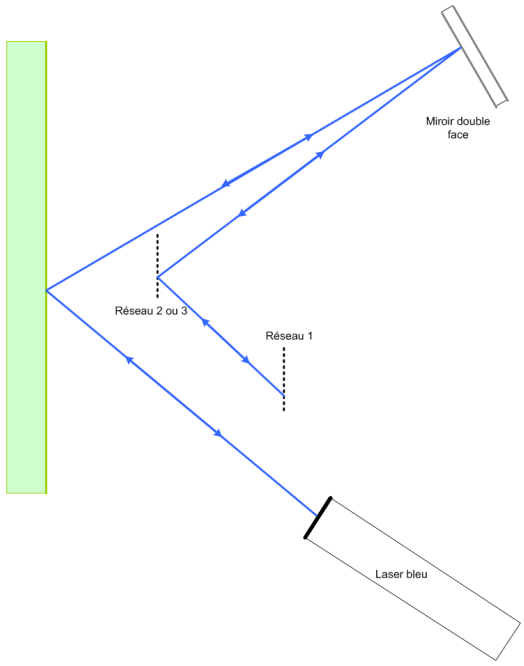

Fig. 7.12: Alignement des traits des réseaux secondaires parallèle à ceux du réseau central.

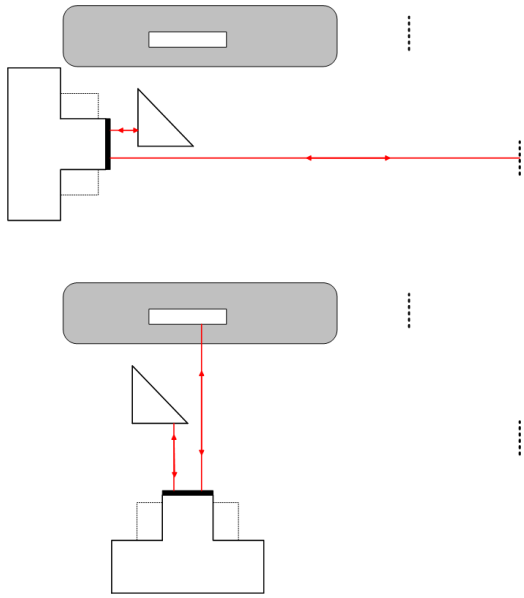

Fig. 7.13: Alignement du miroir double face.

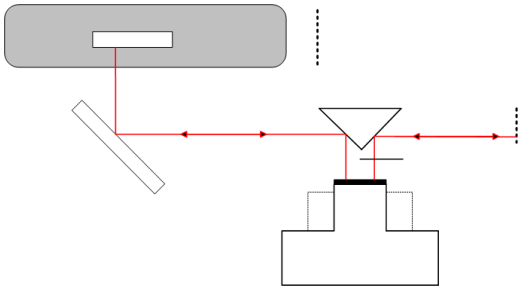

Fig. 7.14: Alignement des miroirs à 45°.

Fig. 7.15: Photographies de la maquette IFTSUV montrant en particulier la plateforme supérieure.

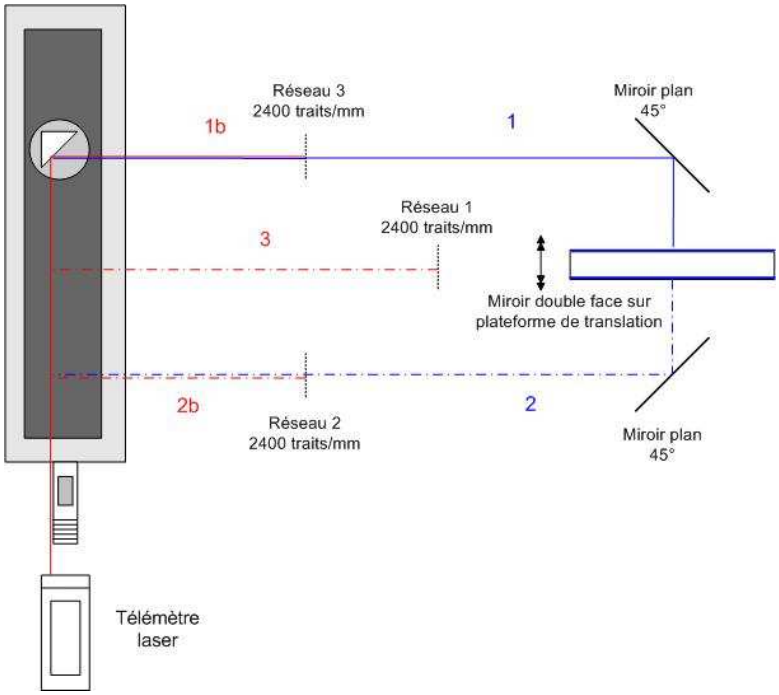

Fig. 7.16: Schéma montrant les différentes étapes de la mesure de la différence de chemin optique entre les bras de l'interféromètre. Les mesures 1 et 2 et les mesures 1b et 2b doivent être égales pour avoir l'égalité des chemins optiques. La mesure 3 permet de régler la distance entre les réseaux.

3.1.3 Mesure du chemin optique

Un premier système interférométrique avec deux faisceaux laser stabilisés en fréquence avait été choisi pour effectuer des mesures de distance avec une précision de l'ordre du nanomètre. Cependant, il s'est avéré que le système n'était capable de mesurer que des variations de distances et non des distances absolues. Ce système pourra néanmoins être utilisé pour le contrôle du déplacement du miroir sur la platine de translation mais également comme source laser stabilisée pour les alignements dans le visible.

Le contrôle et la correction de la position des différents éléments optiques ainsi que la mesure du chemin optique sur les deux bras de l'interféromètre ont été réalisés à l'aide d'un télémètre laser (Leica Disto pro A, précision : 1.5 mm). Destiné principalement aux géomètres, ce système effectue des mesures de distance absolue mais sa précision est faible. Comme ce système ne travaille que sur des surfaces diffusantes, un cache diffusant a été placé devant les réseaux pour effectuer les mesures. Le principe de la mesure est illustré sur la figure 7.16. Ce système permet donc de s'approcher du réglage de l'interféromètre à égalité des chemins optiques avec une précision d'un millimètre et demi, le réglage sera ensuite affiné en balayant la position du miroir sur toute la course de la platine de translation. Si l'égalité des chemins optiques n'est pas atteinte sur la course du miroir, il faudra modifier la position d'un miroir à 45° de moins d'un demi millimètre et recommencer un balayage.

3.2 Différentes étapes de l'alignement

3.2.1 Alignement dans le visible

Cette première étape s'effectue en autocollimation sur les réseaux symétriques. La division du front d'onde se fait physiquement par diaphragmation sur le miroir double face. Le faisceau lumineux est formé par diffraction par un trou de 5 ou 10 μm.

Dans un premier temps, il faut régler l'axe optique supérieur (alignement trou $\leftrightarrow$ centre du miroir) et placer le trou exactement au foyer de la parabole hors axe. Il faut d'abord s'assurer que les éléments optiques sur les deux supports sont à la même hauteur. Ensuite, la source est alignée en visant précisément à l'aide d'un réticule, le centre de la portion de parabole. Un interféromètre de type " shear plate " placé dans le faisceau collimaté permet de régler la position du trou au foyer du miroir (Annexe C). L'orientation de la parabole est réglée et contrôlée en utilisant un analyseur de front d'onde (HASO, Imagine optic, type Shack-Hartmann). Ces réglages sont effectués sans le système de lames dichroïques pour ne pas superposer l'astigmatisme dû au système de lames à celui dû à une éventuelle mauvaise orientation de la parabole. Une fois les lames installées, il faut régler à nouveau la position du foyer puisque l'effet des lames est d'avancer le foyer d'environ 3 mm.

Pour connaître la position du foyer du collimateur hors axe sur le détecteur CCD, on utilise un miroir plan incliné réglé pour effectuer l'auto collimation. On repère alors sur le détecteur la position de l'image du trou source, les images issues des deux bras de l'interféromètre devront se superposer exactement à cette position. Les deux tâches images obtenues sont déplacées en modifiant l'orientation des miroirs à 45° . Il est parfois nécessaire de modifier l'éclairage pour obtenir deux taches d'intensité identiques ; si ce n'était pas le cas la visibilité, contraste, des franges serait diminuée.

Pour obtenir une précision meilleure que le millimètre pour l'égalité des chemins optiques, il faut effectuer un balayage de la position du miroir double face sur la platine de translation. Si le système est correctement aligné et proche de l'égalité des chemins optiques, l'intensité enregistrée en sortie sur le détecteur CCD fait apparaître des franges d'interférences. L'alignement avec le laser vert est considéré atteint lorsque les franges présentent un contraste maximum.

3.2.2 Alignement dans l'ultraviolet

Dans un premier temps, il convient d'aligner le trou source avec le collimateur, une fois que celui ci est orienté correctement face au réseau central. L'alignement se fait à l'aide d'un laser rouge comme illustré sur la figure 7.17 : on vérifie à l'aide de l'interféromètre de type " shear plate " que le faisceau est bien collimaté. L'alignement pourrait être amélioré en utilisant l'analyseur de front d'onde mais la hauteur du faisceau sur le marbre rend cette mesure impossible.

Ensuite, les miroirs et la lame semi-réfléchissante sont alignés de façon à superposer les faisceaux issus des deux sources placées à l'extérieur du capot protégeant l'instrument des lumières parasites. Les deux sources présentant une partie visible dans leur spectre, on peut s'assurer de leur bonne orientation avant et après le trou source. La photographie 7.18 montre l'agencement des sources UV à l'extérieur du capot protégeant la maquette.

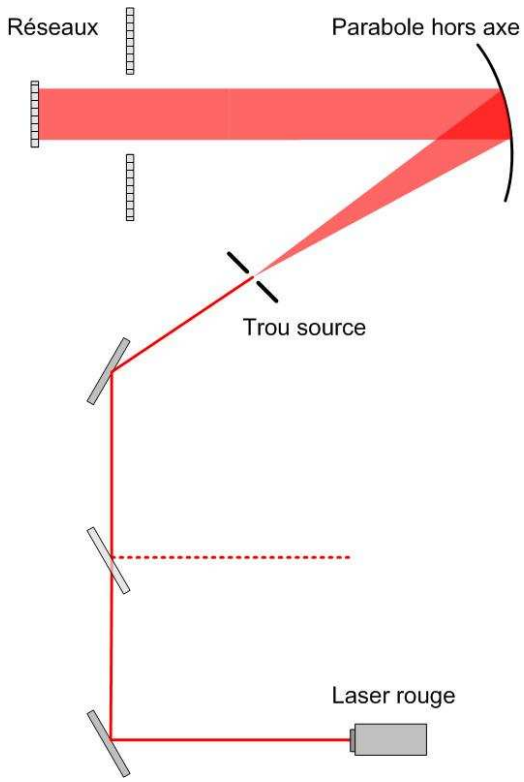

Fig. 7.17: Schéma de principe montrant l'alignement, à l'aide d'un laser rouge, de la voie UV jusqu'au réseau central.

Les faisceaux sont ensuite diffractés par le réseau central. On peut observer le spectre visble (dans le violet et le bleu) des deux sources lumineuses diffracté par le réseau (voir figure 7.19). Cela permet notamment de vérifier l'orientation des faisceaux dispersés. L'alignement a été effectué dans le visible. Il n'est pas possible de vérifier les faisceaux ultraviolets dans cette région, leur intensité est insuffisante pour faire fluorescer les cartes de visualisation UV. Il faudrait pouvoir placer le détecteur UV sur le chemin optique mais la taille de la caméra ne le permet pas.

A l'étage supérieur, la caméra et la lentille permettant de réimager les taches images sont co-alignées en utilisant un laser rouge. La voie UV est alors alignée de la façon la plus précise possible dans ces conditions ; et les tests sur la voie UV peuvent commencer.

3.3 Résultats de l'alignement

Une fois la maquette montée et alignée comme cela a été décrit au chapitre précédent, j'ai réalisé les premiers tests sur la voie visible. Ces tests ont consisté à enregistrer des interférogrammes en lumière visible pour s'assurer du bon fonctionnement et alignement de la partie interférométrique de la maquette IFTSUV. Cette première partie de tests a également été l'occasion de tester le fonctionnement de la platine de translation. Ainsi, j'ai observé que l'axe de translation de la platine (Z) n'est pas

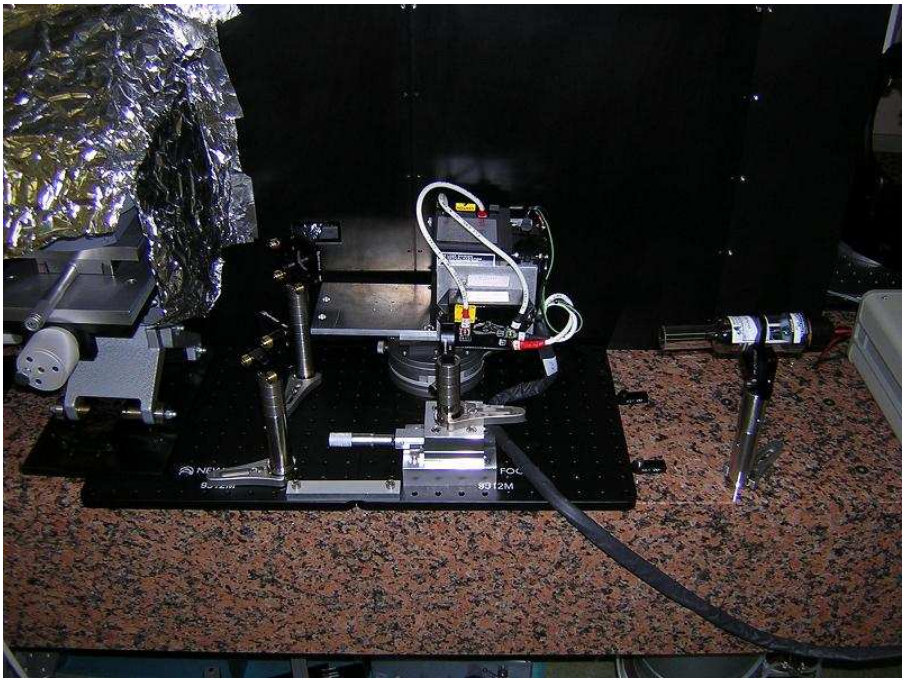

Fig. 7.18: Photographie montrant la partie mise en forme des faisceaux UV à l'extérieur du capot protégeant la maquette.

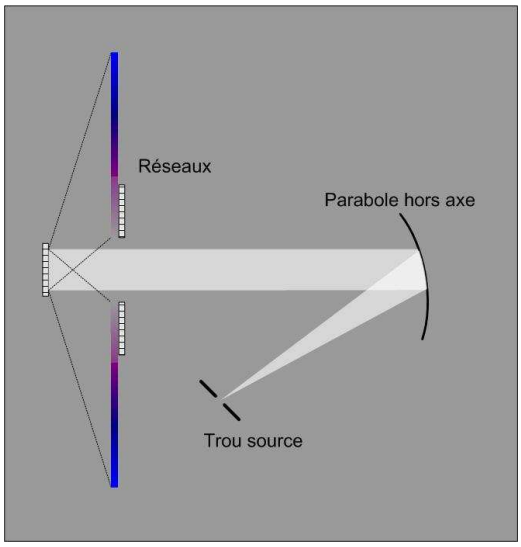

Fig. 7.19: Schéma de principe montrant la dispersion de la lumière blanche par le réseau central.

λ = **633 nm**		λ = **543 nm**	
Valeurs théoriques	Valeurs expérimentales	Valeurs théoriques	Valeurs expérimentales
R=1706 $\delta\lambda$ = 0.37 nm	R=745 $\delta\lambda$ = 0.85 nm	R=1988 $\delta\lambda$=0.27 nm	R=705 $\delta\lambda$=0.77 nm

Tab. 7.2: Pouvoirs de résolution et résolutions spectrales obtenus au cours des tests de la maquette dans le domaine visible et comparés aux valeurs attendues.

parfaitement perpendiculaire à la monture de la platine qui a servi de référence lors du montage de la maquette. En conséquence, les taches images ne restent pas parfaitement superposées tout au long de la course, les interférences ont alors lieu uniquement dans la zone où se superposent les faisceaux, ce qui entraine une diminution du contraste des franges. Ce défaut d'orientation de l'axe de translation est compensé en utilisant les deux autres éléments piezo-électriques de la platine (θ_X et θ_Y). Cette compensation n'est pas parfaite car elle se fait pas à pas, on observe d'abord la séparation puis la superposition des taches pour chaque pas. En raison de l'incertitude sur la valeur du déplacement de chacun des trois éléments piezo à chaque pas, la superposition n'est pas toujours aussi bonne d'un pas au pas suivant.
Une fois la compensation réglée, l'interférogramme peut être enregistré. Les données concernant la différence de marche entre les deux bras de l'interféromètre sont fournies par les capteurs de position capacitifs de la platine. L'intensité est enregistrée par la caméra CCD dans le plan focal du collimateur. La figure 7.20 donne un exemple d'interférogramme enregistré et de spectre obtenu par transformée de Fourier. Les franges sont très irrégulières, leur contraste est compris entre 5 et 10 %, et la périodicité de l'interférogramme est difficilement décelable à l'oeil nu. L'irrégularité des franges n'est pas surprenante en raison de l'incertitude de positionnement de la platine de translation comme l'ont montré les simulations réalisées sur ordinateur et exposées dans le chapitre précédent. Le contraste des franges n'a pas pu être amélioré au delà de 10 % malgré plusieurs réalignements de la maquette.
Ensuite, des tests ont été réalisés en utilisant deux lasers (vert et rouge) : un résultat typique est illustré sur la figure 7.21. Les battements attendus entre les deux longueurs d'onde sont imperceptibles, même si les deux raies sont détectées. Les résolutions spectrales et les pouvoirs de résolution obtenus au cours des tests dans le visible sont reportés dans le tableau 7.2. Dans le cadre des tests dans le domaine visible, la différence de chemin optique entre les deux bras de la partie interférométrique est égale à huit fois le déplacement du miroir et la course maximale de la platine de translation est de 135 μm.
Suite à ces tests à deux longueurs d'onde, une lampe à lumière blanche a été installée afin de régler la maquette à l'égalité des chemins optiques. Avec cette lampe utilisée comme seule source dans un premier temps, les enregistrements n'ont pas permis de détecter de spectre. Afin d'avoir un repère spectral, le faisceau laser vert a été superposé au faisceau lumière blanche. Dans cette configuration, la raie laser vert a toujours été détectée mais pas le spectre de la lumière blanche. Plusieurs raisons peuvent expliquer cet échec, l'interféromètre est réglé trop loin de l'égalité des chemins optiques et on se trouve alors trop loin dans les pieds de l'interférogramme, l'intensité du faisceau de lumière blanche est trop faible pour que des interférences soient détectées, ou les variations temporelles de l'intensité de la lampe à lumière blanche sont trop importantes.

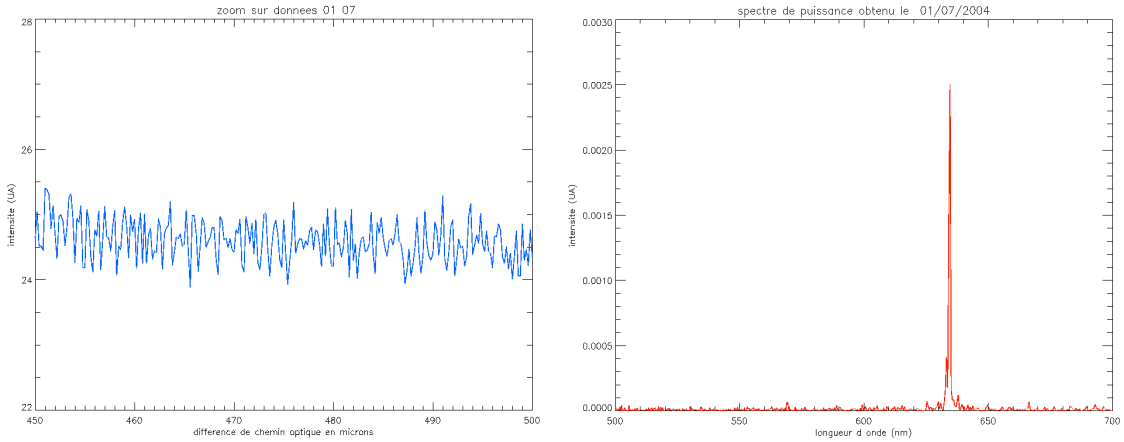

Fig. 7.20: Interférogramme et spectre obtenus lors des tests de la maquette IFTSUV en lumière visible (source : laser rouge, 633 nm).

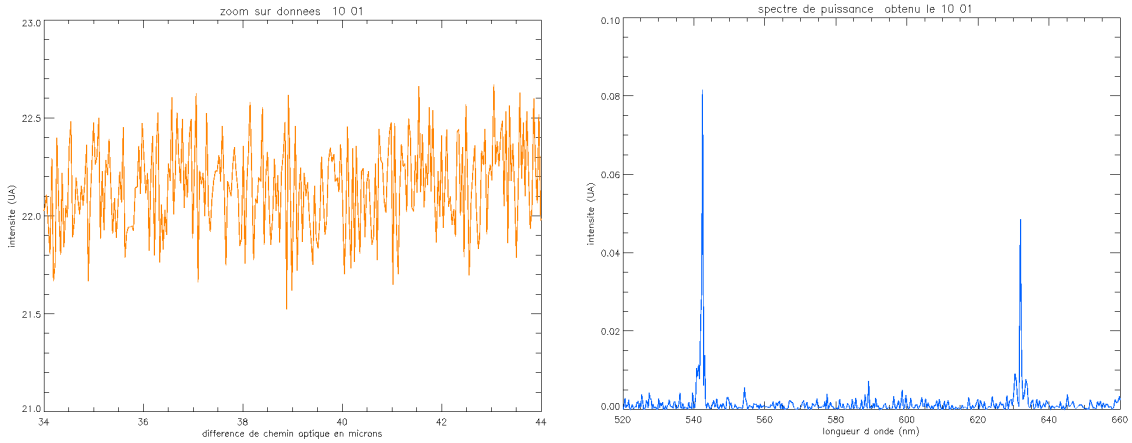

Fig. 7.21: Interférogramme et spectre obtenus lors des tests de la maquette IFTSUV en lumière visible. Dans le cas présent, un lasert vert et un laser rouge étaient utilisés comme source visible.

4 Conclusion

Le choix du système optique pour la réalisation de la maquette demonstrateur du fonctionnement d'un IFTSUV a été contraint par différents paramètres techniques détaillés dans ce chapitre comme l'espace disponible pour réaliser l'instrument, le temps imparti, la course maximale des platines de translation disponibles ... La réalisation et les simulations du fonctionnement de la maquette ont permis notamment de mettre en avant les points durs de ce type d'instruments particulièrement dans ce domaine de longueur d'onde. La qualité et le nombre des surfaces ainsi que leur alignement est comme annoncé dans le chapitre 6 une difficulté à ne pas négliger.
Ainsi à la suite des premiers tests réalisés, il apparait primordial d'ajouter un système de métrologie afin de pouvoir maîtriser la différence de chemin optique entre les deux bras de l'interféromètre. Les évolutions du système optique de la maquette seront abordées dans le chapitre suivant concluant ses travaux.