

III Interférométrie stellaire

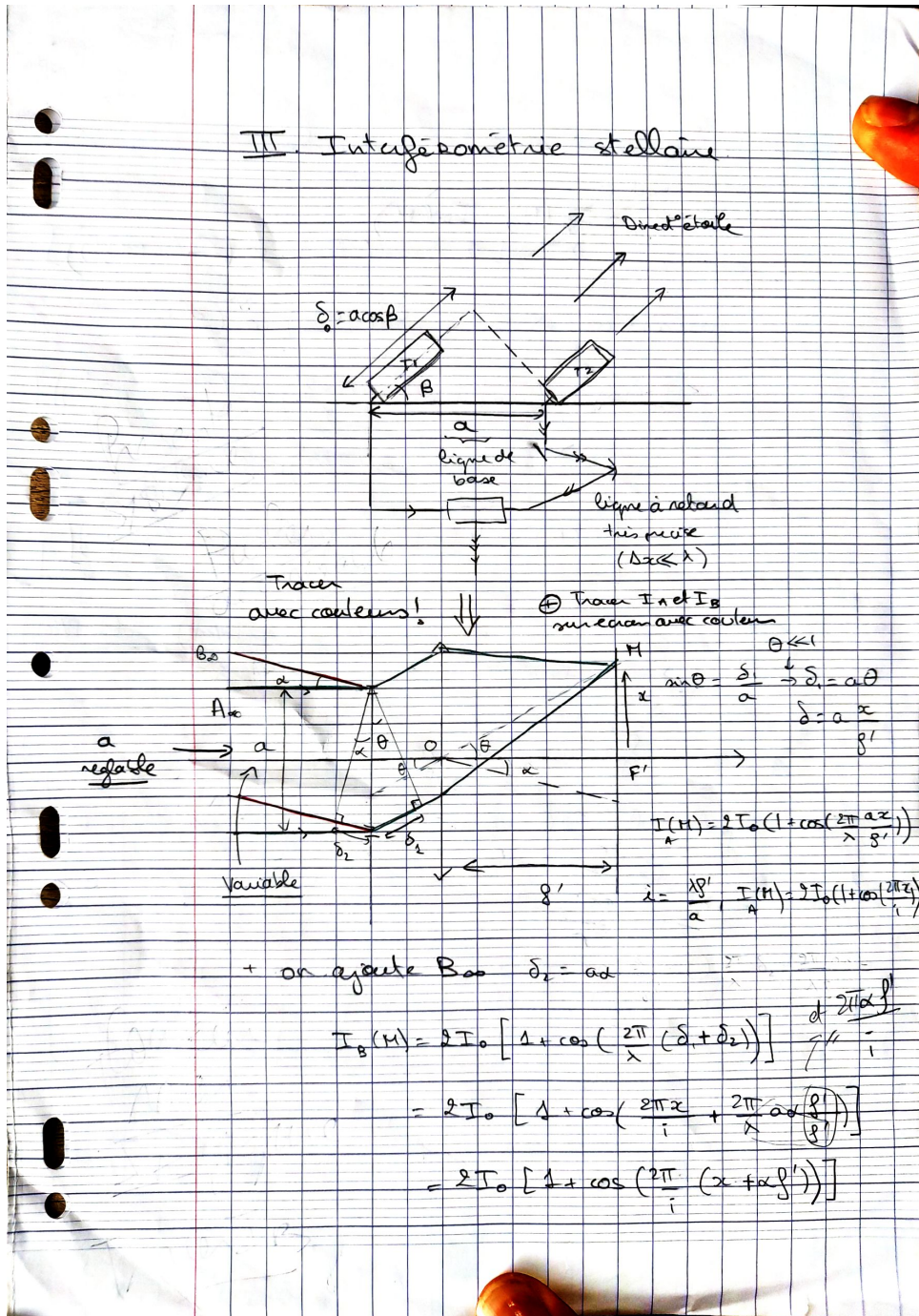


FIGURE 4 – Interférométrie Stellaire

Bonus (en fonction du temps)

En intro

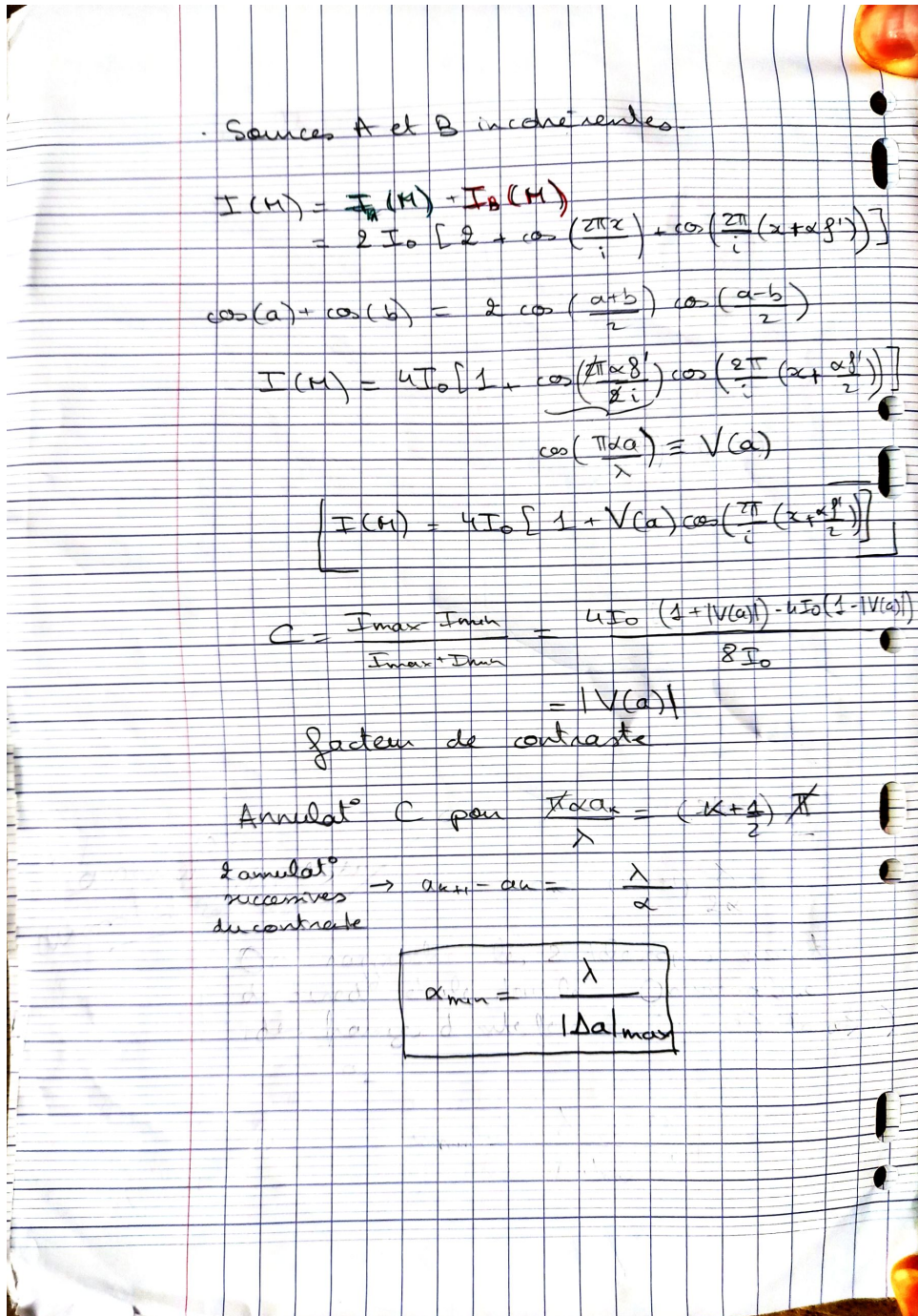


FIGURE 5 – Interférométrie Stellaire (suite)

On veut construire des appareils qui :

- Maximisent l'intensité reçue. Pour un diaphragme d'ouverture circulaire de diamètre D, on a

$I \propto D^2$. Ex : Limitation signal entrant oeil cf $D_{oeil} \sim 1$ mm.

- Augmenter pouvoir de résolution (ie différencier les détails d'un objet/ exemple système d'étoiles binaires). Oeil : 1' d'arc (1/60° degré) (Rappel : 1' d'arc = 1/60 °, 1" d'arc = 1/3600°)

ODG : 100 km sur la surface de la Lune depuis la Terre / Détail de 1mm pour un objet situé à 3m.

- Grossir les diamètre apparents

Encombrement Newton (cf schéma)

$$S_2 S_1 = F_1 S_1 - D/2 = |f_1| - D/2 \quad (6)$$

Autres types de télescopes

Cassegrain (moins d'encombrement)

Telescopes aplanétiques (utile pour astrophotographie cf correction coma, astigmatisme, courbure de champ)

4 After

4.1 Questions

- Interférométrie stellaire : le rayon B est une autre étoile qu'on voit avec un angle, ça représente quoi ?
- Quelle est la taille maximale de a entre les télescopes qu'on sait faire aujourd'hui ? → le diamètre de la Terre ; tout est synchronisé à l'aide d'horloges atomiques.
- Les rayons A_∞ et B_∞ viennent de deux étoiles, qu'est-ce qu'ils représentent ? → L'angle α correspond à l'angle entre les deux. Il faut qu'on ait le même type d'étoile pour une luminosité identique.
- Faut-il que les étoiles soient alignées suivant le même axe ? Ces étoiles sont-elles des étoiles doubles (système binaire) ? A quoi correspond l'angle alpha pour un système d'étoiles doubles ? (Les étoiles doubles sont très courantes dans l'Univers).
- Quel est le problème si les étoiles n'ont pas la même luminosité ? Que se passe-t-il quand il n'y a pas une même luminosité, d'un point de vue résolution ? Que se passe-t-il avec les taches d'Airy ? → Avec le dessin des taches d'Airy : on comprend que l'on peut tomber dans pic secondaire trop lumineux encore devant notre second pic principal.
- On appelle les "bourrelets" les pieds autour de la tache d'Airy. Quelle technique utiliser pour couper ces pieds ? As-tu entendu parler d'apodisation ?
- L'interférométrie stellaire fonctionne-t-elle seulement pour les étoiles doubles ? Pour une seule étoile, est-ce qu'on pourrait faire de l'interférométrie ? Est-ce que la figure d'interférence d'une étoile seule apporte une nouvelle information ? → À l'infini, pour un objet assez gros, on aurait des interférences avec une source que l'on considère comme étendue et pas ponctuelle.
- Est-ce qu'on voit les tâches d'Airy dans les télescopes, par exemple le Hubble ? A quoi correspondent les croix sur la photo de Hubble, et pas des tâches d'Airy ? Combien de miroirs dans Hubble ? → Les croix proviennent d'objets ponctuels diffractés par l'"araignée" qui tient le miroir secondaire.
- Y a-t-il des télescopes pour lesquels on voit les tâches d'Airy ? → Schmidt-Cassegrain, voir Houard fig 7.47 : une lentille à l'entrée, le miroir secondaire est dans la lentille. Quel serait l'avantages de la lentille à l'entrée, notamment en terme de grossissement ? Pourquoi grossir serait intéressant ? → Diminuer la taille du télescope et éviter le problème d'encombrement du primaire ; pas de problème de température dans le tube des autres télescopes qui pourraient conduire à des variations d'indice optique (j'imagine).
- Comment faire pour palier aux turbulences sans interféromètre, sachant que le temps caractéristique des turbulences aléatoires est long ? → Prendre beaucoup d'images et les sommer, les

variations aléatoires s'annulent (interférométrie de tavelures).

- Taille typique des télescopes optiques actuels? → 8m pour un miroir d'un seul tenant : ex VLT ; Grenade : 30m de diamètre mais autre longueur d'onde. Pourquoi y a-t-il des télescopes de 100m de diamètre (Arissibo, centimétrique) alors que les télescopes optiques (dans le visible) sont de 8m? Quelles qualités doit avoir le miroir? Pourquoi on polit un miroir? → *Empiriquement, les défauts sur la surface d'un miroir doivent être inférieurs à $\lambda/4$* . Donc quand on travaille sur des ondes centimétriques, les défauts d'un centimètre sont acceptables.
- Que se passe-t-il si on diminue λ , jusqu'à la distance typique entre les atomes des miroirs (télescopes X)? → Téléscope à incidence rasante pour que le rayon ne soit pas absorbé par le miroir, diminue la distance entre les atomes (télescopes Einstein, Wolter).
- Motivation de Newton à construire des télescopes, avec des miroirs? Est-ce qu'on arrive aujourd'hui à corriger les aberrations optiques des lentilles? En quoi consiste l'aberration chromatique? Pour quelles couleurs la dispersion est-elle maximale? Quelle couleur converge la première? Comment savoir que le violet est le plus dévié? → Loi de Cauchy.
Les autres λ que le visible permettent-ils de voir des choses intéressantes?
Comment Hubble permet-il de mesurer l'extension de l'Univers, que les galaxies s'éloignent de nous? Comment on observe les galaxies pour voir l'effet Doppler? → Utiliser un spectrographe (décalage des raies d'émission/d'absorption), ou faire du redshift photométrique. Hubble possède un spectrographe. Comment mesurer la distance avec les galaxies pour l'extension de l'Univers? → Parallaxe puis Céphéides.
- Comment définit-on le cercle oculaire? → C'est l'image de l'objectif par le système optique.
- Pourquoi le diaphragme serait le miroir et pas l'œil? → On réduit l'étendue spatiale des rayons à observer. Avec les mains... Il faut partir du grossissement équipillaire (tel que le cercle oculaire soit égal à la taille de la pupille). Si le cercle oculaire est plus petit que l'œil, c'est l'œil la pupille. Pour un grossissement plus grand que ça, on est limité par l'œil mais en pratique ce n'est jamais le cas.
- Le télescope de Newton est-il encore utilisé de façon professionnelle? Quels types de télescopes on utilise aujourd'hui en labo? → Newton est pour amateurs. Le VLT se sert de miroirs hyperboliques, avec quatre miroirs fixes de 8m, il y a à côté de ça quatre plus petits miroirs mobiles. Utilisé pour reconstruire une image : disque d'accrétion autour des trous noirs, on veut un bon sampling spatial des interférences pour capter une maximum de fréquences spatiales. les rayons lumineux pour les miroirs sphériques.

4.2 Remarques

- Dépassé de 1min40 : ne pas s'étendre sur toutes les étapes des calculs, donner plus de temps à l'interprétation qu'aux maths. P.ex, mettre les OdG sur diapo (et en mettre dès qu'on peut). Important de garder un "gros" calcul dans la leçon, ici celui de la dernière partie.
- Leçon manque d'OdG pour le télescope de Newton.
- Attention au titre de la leçon : **TélescopeS** → parler d'autres longueurs d'onde, d'autres miroirs (après ne surtout pas parler des aberrations géométriques). Parler de deux télescopes, par exemple le télescope de Grégory qui améliore l'encombrement. Parler du problème d'encombrement pour garder une cohérence dans la leçon.
- Ne pas faire de parties sur la lunette astronomique.
- Ne pas faire de schémas inutiles : schéma de l'optique adaptative inintéressant alors que l'animation est bonne. Utiliser une animation pour la tâche d'Airy.
- Plan du livre Houard : bien de l'avoir reproduit.
- La tâche d'Airy provient qu'on a une figure de diffraction pour des bords très nets sur le bord. On fait de l'apodisation en modifiant la transmittance aux bords pour une décroissance plus douce à zéro : transmittance réelle de 1 au centre à 0 au bord pour atténuer les bords. Cependant, technique pas utilisée en recherche car les traitements numériques conduisent à de meilleurs résultats.

- Notion de clarté : expliquée dans le Duffait, bien en culture mais ne pas en parler dans la leçon. Inférieure à 1 pour un objet étendu.
- Remarque sur la forme : éviter les abréviations, le jury peut ne pas apprécier.
- Langage plus soutenu. Blague sur Newton risquée.
- Donner OdG diamètres des télescopes et s'ils sont faits d'un seul tenant.
- James Webb Space Telescop (6m, infrarouge proche-moyen → pas de problème vis-à-vis des poussières qui émettent dans l'infrarouge lointain, et on a des lambda visibles grâce au redshift) : le remplaçant de Hubble, a coûté 10 milliards. Sera envoyé au point de Lagrange L_2 (1,5 million de kilomètres de la Terre, du côté opposé au Soleil).
- Hubble avait une grosse aberration sphérique au début, il a fallu ajouter une lentille après qu'il ait été lancé ce qui n'est pas génial (heureusement Hubble n'est pas trop loin de la Terre). Parler de cette anecdote en leçon ssi on est chaud en aberration sphérique (et par extension ab. géométriques).
- Ouverture sur les autres longueurs d'onde peut-être ? Mais maîtriser sur ce qu'on peut observer avec. Dans l'IR lointain : poussière chauffée autour d'un trou noir p.ex. de ne pas avoir mis la leçon au niveau L3 juste parce qu'elle fait un peu intervenir la diffraction.