

Support de cours

Cours:

UNIL-123 Physique Expérimentale II

Vidéo:

lesson4-UNIL-123 Physique expérimentale II

Concepts (extraits des sous-titres générés automatiquement) :

Avoir nette. Distance du rayon. Petits pièges. Problème des systèmes sphériques. Image virtuelle du miroir. Modélisation du savoir. Matrices de transfert. Optique géométrique. Foyer objet. Petit calcul. Grand chose. Distances réelles. Hauteur de l'image. Nombre d'autres éléments. Systèmes sphériques.



[vers la recherche de séquences vidéo](#)
(dans UNIL-123 Physique Expérimentale II.)



[vers la vidéo](#)

Center for Digital Education. Plus de matériel de soutien pédagogique ici :

<https://www.epfl.ch/education/educational-initiatives/cede/educational-technologies-gallery/boocs-en/>

Feedback 3ème semaine

.-M. Fürbringer, G. Vittorangeli, M. Dubuisson

11 mars 2025

geli, M. Dubuiss Feedback 3ème semaine 11 mars 2025 1 / 10

Feedback 3ème semaine

.-M. Fürbringer, G. Vittorangeli, M. Dubuisson

11 mars 2025

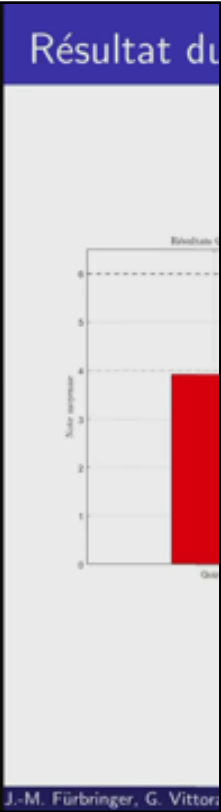
geli, M. Dubuiss Feedback 3ème semaine 11 mars 2025 1 / 10

Feedback 3ème semaine

.-M. Fürbringer, G. Vittorangeli, M. Dubuisson

11 mars 2025

geli, M. Dubuiss Feedback 3ème semaine 11 mars 2025 1 / 10




Ces sous-titres ont été générés automatiquement La clave bienvenue. Ça fait plaisir de vous voir. Moi, j'ai toujours un grand plaisir à vous retrouver le mardi. J'espère que c'est réciproque. Si ce n'est pas pour moi, du moins pour l'amour de cette branche extraordinaire, qu'on appelle la physique. Aujourd'hui, on va terminer, on va passer le chapitre sur l'optique géométrique. Et puis la semaine prochaine, je vais commencer avec des concepts un peu plus élevés, façon de parler, mais enfin un petit peu plus complexes, un petit peu plus modernes sur la lumière. Ce qu'on a découvert, on va dire depuis le milieu du 19e siècle et puis pendant le 20e siècle.

[illegible]

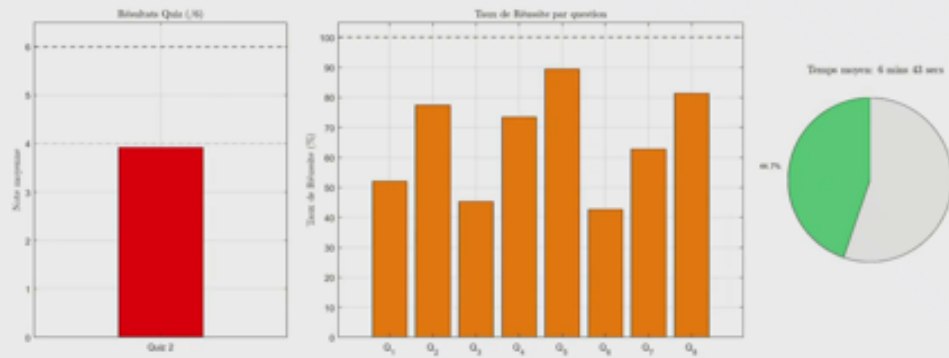
résumé

0m 0s





Résultat du quizz



J.-M. Fürbringer, G. Vittorangeli, M. Dubuiss

Feedback 3ème semaine

11 mars 2025

2 / 10

Je voulais commencer par vous donner un feedback sur le quiz. Donc là, vous êtes devenu en dessous de quatre, mais ça ne veut pas indiquer grand chose. Honnêtement, c'est plutôt moi qui fais des bonnes questions difficiles, etc. Les étudiants m'ont dit que vous faisiez un effort pour que vos réponses soient bonnes. Écoutez, je n'ai pas... Vous faites, les quiz sont pour vous. Vous les faites comme vous avez envie, si vous avez envie de les faire de mémoire, ça a un intérêt pour vous. Si vous voulez pas les faire de mémoire, c'est égal. Donc je ne sais pas ce que vous aurons dix, l'un ou l'autre, les assistants. Mais moi, je regarde un peu. Je regarde où il y a des moins bonnes réponses pour être sûr que je vous donne, que je repère des questions qui sont plus difficiles. Je vous tend des petits pièges. Puis ça aussi comme but un peu de l'entraînement. Parce que même, enfin, peut-être qu'il y en aura à l'examen. Mais même si je ne veux pas vous tendre des pièges, par rapport à la compréhension des uns et les autres, il y a toujours des pièges dans les questions. Donc vous rendrez attentif à bien voir quelle est la question, à bien y répondre à aussi du sens. Je vois que vous répondez à ces quiz, en tout cas sur la statistique, assez rapidement. Voilà. En tout cas, à présent, je trouve intéressant. Et puis je repère les questions qui sont un peu plus problématiques. C'est une occasion de vous redire un petit peu des choses.

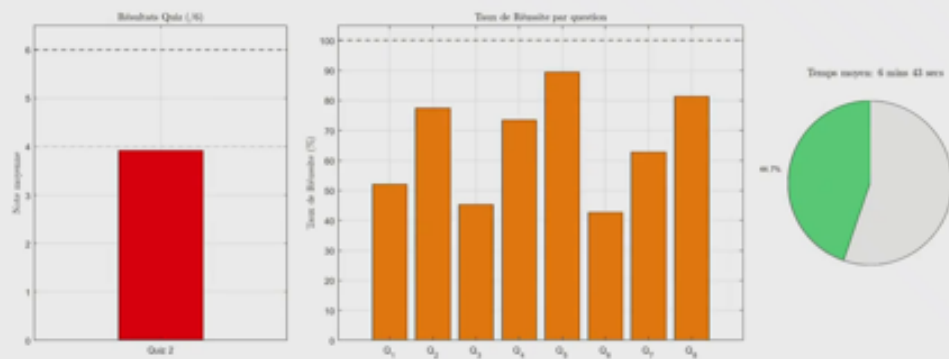
notes

résumé

0m 52s



Résultat du quizz



J.-M. Fürbringer, G. Vittorangeli, M. Dubuiss

Feedback 3ème semaine

11 mars 2025

2 / 10

Donc voilà ce qu'il en est.

notes

résumé

2m 24s



La question 3

Un témoin a pu voir le visage d'un criminel (qui lui tournait le dos) reflété par un miroir plan. A ce moment là, le témoin est à 5 m du miroir, le criminel à 3 m devant le témoin, entre le témoin et le miroir. A quelle distance le témoin a-t-il vu le visage du criminel ?

- ☐ a. à 5 m
- ☐ b. à 8 m
- ☐ c. à 7 m
- ☐ d. à 3 m

Conformément aux lois de la réflexion, l'image virtuelle apparaît à une distance égale de l'objet réel, mesurée perpendiculairement à la surface du miroir. Si l'observateur se tient devant le miroir, l'image virtuelle sera située derrière le miroir à une distance égale à celle de l'objet réel.



J.-M. Fürbringer, G. Vittorangeli, M. Dubuiss

Feedback 3ème semaine

11 mars 2025

3 / 10

Donc une question qui a eu un très mauvais score, c'est celle-ci qui n'était pas du tout un piège. En plus, je me suis dit que j'allais faire une question qui ressemble bien aux sciences criminelles. Donc j'ai mis un criminel et un témoin. Mais peut-être qu'il y a à prendre, du moins si vous avez eu de la peine à répondre, je n'aurais pas répondu juste à cette question. Hésitez pas pendant l'examen, prenez une feuille de papier, faites un schéma et faites attention au langage. Des fois, le langage nous trompe. Donc faites un schéma. Il ne faut aussi pas se tromper entre le langage qu'on a entendu et puis comment on le fait. Mais je vous encourage vraiment pour ces questions. À l'examen, vous aurez le temps, donc prenez vraiment le temps de bien voir la question. Elles sont toutes comme ça alignées. Il y en a certaines, c'est vrai que c'est de la mémoire. On se souvient que c'est ça. D'autres, ça demande de faire un petit calcul. Et c'est ça. Bon là, on disait un témoin a pu voir le visage. J'aurais dû dire d'un criminel. Je l'avais déjà jugé. On devrait dire plutôt d'un présumé criminel ou d'un... Comme on dit ça, quelqu'un qui a été appelé par la police. Un suspect. Un suspect. Alors, un témoin a pu voir le visage d'un suspect qui lui tournait le dos, reflété par un miroir plan. À ce moment-là, le témoin est à 5 mètres du miroir. Le criminel a 3 mètres devant le témoin. Donc il y a des tâchons qui ont répondu 8. Ils ont eu 5 plus 3, 8, parce qu'en fait, ils ont, à mon avis, c'est mon interprétation, mal lue, que les 3 mètres, c'était pas du miroir, c'était du témoin.

notes

résumé

2m 25s



La question 3

Un témoin a pu voir le visage d'un criminel (qui lui tournait le dos) reflété par un miroir plan. A ce moment là, le témoin est à 5 m du miroir, le criminel à 3 m devant le témoin, entre le témoin et le miroir. A quelle distance le témoin a-t-il vu le visage du criminel ?

- ☐ a. à 5 m
- ☐ b. à 8 m
- ☐ c. à 7 m
- ☐ d. à 3 m

Conformément aux lois de la réflexion, l'image virtuelle apparaît à une distance égale de l'objet réel, mesurée perpendiculairement à la surface du miroir. Si l'observateur se tient devant le miroir, l'image virtuelle sera située derrière le miroir à une distance égale à celle de l'objet réel.



J.-M. Fürbringer, G. Vittorangeli, M. Dubuiss

Feedback 3ème semaine

11 mars 2025

3 / 10

Donc ensuite, la réponse est claire. Ça veut dire comme les distances dans le miroir, enfin, dans l'image virtuelle du miroir sont les mêmes que les distances réelles. Vous avez vu, il y a le miroir, le témoin et puis le point P, c'est notre suspect. Donc il y a 5 mètres entre le miroir et le témoin et le suspect est à 3 mètres devant le témoin. Donc c'est clair que la distance du rayon que la personne a vue, c'est les 5 mètres plus 2 mètres. Parce que dans le miroir, le suspect est à 2 mètres de miroir. Donc la bonne réponse, c'était 7 mètres et pas 8 mètres. Il y a pas mal de gens qui ont répondu 8 mètres. Donc faites attention, un peu, c'est réflexe, lisez bien. Là, on rigole, c'est le début de l'exercice, etc. À l'examen, vous avez d'autres types de mécanismes, d'autres psychi-ismes, un petit peu de stress, même si vous êtes sûr de faire 6, faites quand même attention, soyez attentifs, lisez bien la question tranquillement, évitez notre cerveau à tellement de manière pour nous tromper et puis c'est dommage de tomber.

notes

résumé

La question 6

Quel effet peut être observé lorsque la lumière blanche traverse un prisme, créant une séparation des couleurs ?

- ☐ a. Réfraction
- ☐ b. Diffraction
- ☐ c. Dispersion
- ☐ d. Réflexion totale interne

J.-M. Fürbringer, G. Vittorangeli, M. Dubuiss

Feedback 3ème semaine

11 mars 2025

4 / 10

Et puis, une autre question, quel effet peut-être observé lorsqu'une lumière blanche traverse un prisme créant une séparation des couleurs ? En tout cas, je sais que je l'ai prononcé pendant le cours, je l'ai pris nulle part si vous avez cherché, mais où est-ce qu'il parle de ça ? Donc on parle de la dispersion de la lumière. C'est ce phénomène dans le prisme parce que vous avez la lumière qui est réunie puis ça de la lumière blanche, puis après elle est séparée par le prisme, on parle de la dispersion de la lumière.

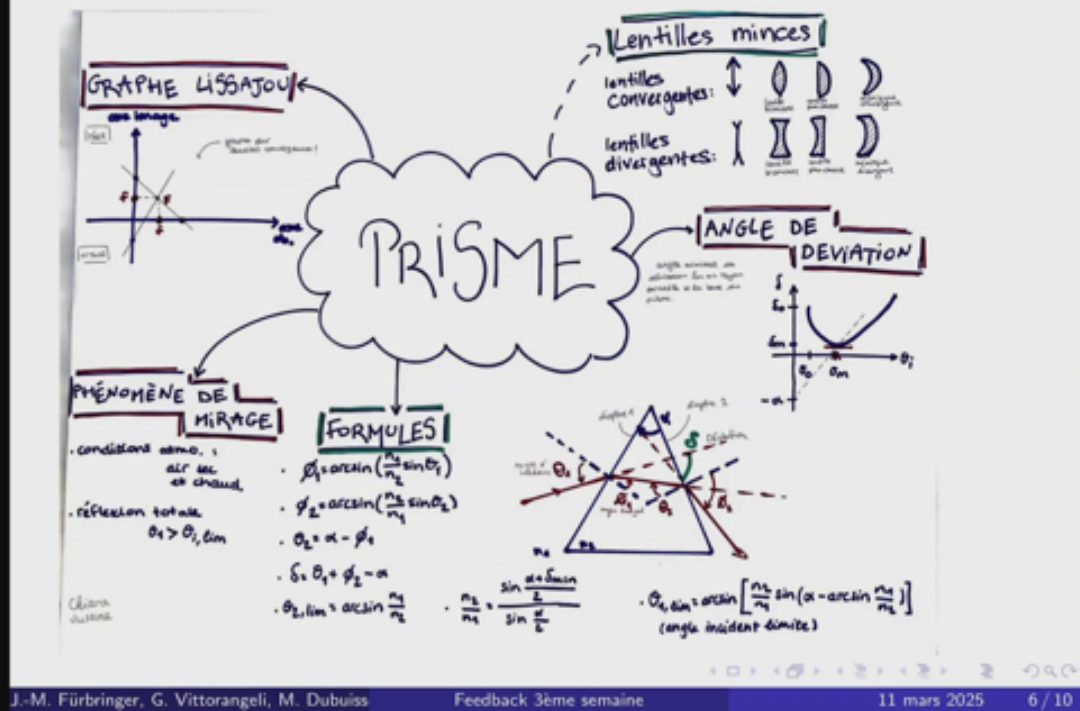
notes

résumé

5m 41s



Mind map



J.-M. Fürbringer, G. Vittorangeli, M. Dubuiss

Feedback 3ème semaine

11 mars 2025

6 / 10

Sur les mindmaps, il y avait des... très intéressantes, j'ai l'impression que plusieurs personnes ont commencé à s'approprier la méthode. De nous, ils ont été choisis par Julia Vittorangeli, je suis assez d'accord avec son choix. Parfois, il y a plus ou moins de détails chez les gens, il y a des graphiques, il y a une organisation de la connaissance

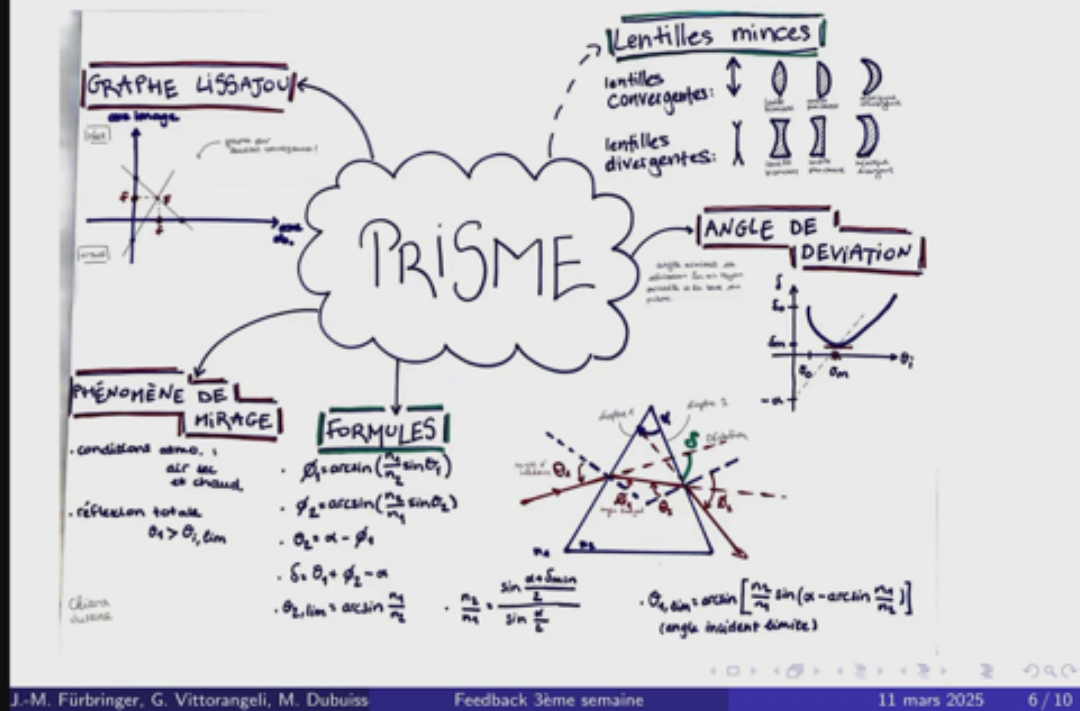
notes

résumé

6m 21s



Mind map



J.-M. Fürbringer, G. Vittorangeli, M. Dubuiss

Feedback 3ème semaine

11 mars 2025

6 / 10

et puis, j'ai trouvé qu'il y a aussi du graphisme, de dessiner, d'avoir bien compris. Moi, je redis, je pense pour la xème fois, mais je suis vraiment persuadé que ça vous aide aussi à apprendre, à faire ses cartes, à les garder et à revoir quand au mois de juin vous allez reprendre votre cours, prenez vos cartes mentales, ça va, à mon avis, vous aider à revoir les différents concepts. Ce que je pourrais voir aussi, de carte à carte, s'il y a des choses qui vous échappent, pour être sûr que je vous remets la présence d'esprit, des éléments qui peut-être échappent à une majorité de gens, je ne l'ai pas fait pour le moment, mais peut-être que ça vaudrait la peine d'en parler.

notes

résumé

7m 0s



Mind map



Et puis, moi je ne sais pas, graphiquement, je les trouve propres,

notes

résumé

7m 47s



Mind map



je les trouve intéressantes, après, j'aimerais, voilà, ça correspond à quelque chose chez vous et puis, j'ai dit que c'était Madame Victor Angelic,

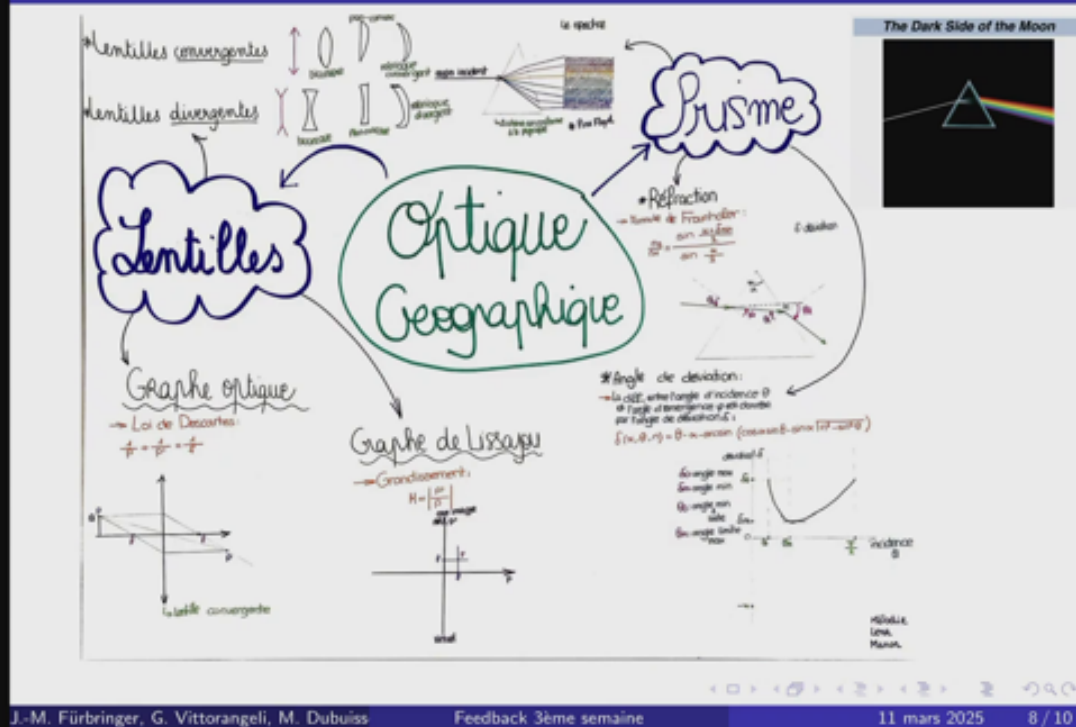
notes

résumé

7m 52s



Mind map



J.-M. Fürbringer, G. Vittorangeli, M. Dubuiss

Feedback 3ème semaine

11 mars 2025

8 / 10

il les choisissait, moi je l'ai choisi une parce qu'ils m'ont fait pression dessus et ils sont contents de céder à leur pression, je ne sais pas où ils sont, ils voulaient absolument voir une fois leur carte. Moi je la trouve aussi très bien, puis elle est très bien, on va dire, de choses. Si vous regardez le titre, donc moi je ne l'avais pas vu non plus au début, c'est eux qui ont dû me le faire remarquer, faites attention, c'est nouveau dans la remarque que j'ai fait sur les questions, c'est chose qu'on croit, on fonctionne des fois comme chat de GPT, on est sûr de pouvoir prédire le mot suivant. Donc dans optique géométrique, on ne lit même pas géométrique, parce qu'en fait notre œil, il va optique, puis après il va au cul, à la fin, et puis il est sûr que c'est géométrique et puis ça, ça explique notre lecture et puis pourquoi ils ont écrit ça, c'est probablement un autre phénomène de notre esprit, c'est quand on est très focalisé sur un aspect probablement comment écrire tout d'un coup, on a perdu le sens du mot qu'on écrit ou des choses comme ça, enfin je n'aimerais pas faire non plus de la psychologie, de bas étages, mais ils sont de loin pas pires que moi, je suis aussi capable de faire des trucs pareils, j'ai vite que ce soit dans les slides que je vous montre, mais on fait tous des choses, des choses comme ça. Et puis ils m'ont appris quelque chose, je ne savais pas, donc c'était un clin d'œil, Pink Floyd, ils pensaient que j'aimais beaucoup Pink Floyd, oui, pas particulièrement, etc. Mais par contre, j'ai été me renseigner et en fait j'ai trouvé relativement intéressant que Pink Floyd utilise

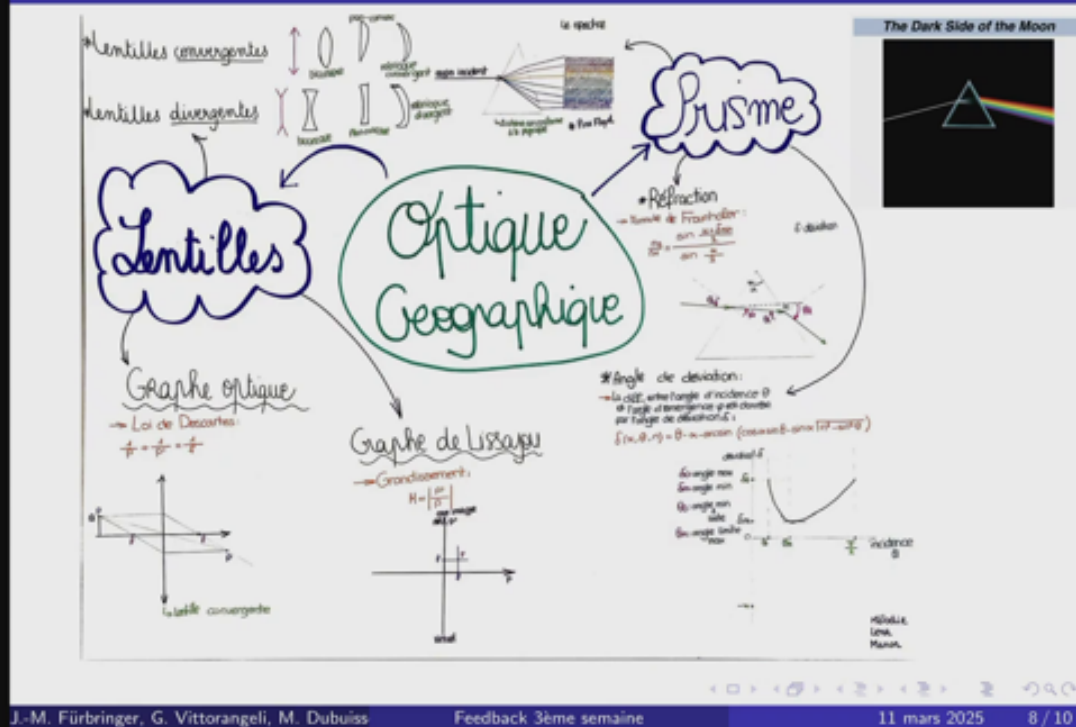
notes

résumé

8m 5s



Mind map



J.-M. Fürbringer, G. Vittorangeli, M. Dubuiss

Feedback 3ème semaine

11 mars 2025

8 / 10

ce symbole dans un de leurs disques qui s'appelait The Dark Side of the Moon, c'est vrai que je l'ai écouté depuis, donc au moins ils m'ont réécouté du Pink Floyd, je me souviens de cette pochette de disques, c'est pas moi qui l'avais, j'ai eu de nombreuses soeurs et une de mes soeurs, je ne sais plus laquelle avait ce disque, moi j'étais peut-être trop petit, c'est sorti en 79, donc j'étais... non, pas 79, non, en 73, c'est sorti en 73, j'avais 10 ans, donc je n'écoutais pas encore beaucoup de musique, etc.

notes

résumé

Pourquoi un prisme sur la pochette ?



- ❶ Lien avec la lumière et l'optique :
 - L'album aborde des thèmes liés à la perception, la réalité et
 - La dispersion de la lumière représente la diversité et la complexité de l'existence, qui est un thème central dans l'album.
- ❷ Symbolisme du spectre lumineux :
 - Le prisme symbolise la transformation et la décomposition de la lumière en ses composantes fondamentales, tout comme l'album explore différentes facettes de la vie humaine.
 - Cela peut être vu comme une métaphore du passage de la simplicité (blanc) à la complexité (couleurs), un écho aux questions existentielles abordées dans l'album.
- ❸ Esthétique minimaliste et impact visuel :
 - L'image du prisme est à la fois simple et immédiatement reconnaissable.
 - Elle évoque un aspect scientifique et mystique, ce qui correspond bien à l'ambiance planante et expérimentale du groupe.

Donc je me suis renseigné grâce à ChatGPT, j'ai dit à ChatGPT, mais en fait pourquoi, pourquoi ils ont choisi ça, et j'ai trouvé rigolo ce qu'ils m'ont dit, donc il y a le lien avec la lumière et l'optique, l'album aborde des thèmes liés à la perception de la réalité, et je ne sais plus, je ne sais plus ce qu'ils l'avaient dit, la dispersion de la lumière représente la diversité, la complexité de l'existence qui est un thème central de l'album. Vous voyez, l'occasion d'écouter, je trouvais pas mal. Donc c'est un album qui s'appelle comme ça, il y a un morceau qui s'appelle comme ça, puis il y a d'autres morceaux, l'album mythique de Pink Floyd, le symbolisme du spectre lumineux, c'est vrai, on a de la lumière blanche qui arrive, et puis après qui va se séparer, donc ça révèle, il y a quelque chose qui se révèle, qui se diffuse, qui devient plus précis, et puis il y a l'aspect esthétique, c'est vrai que comme pochette de disque, c'était pas mal, et c'est vrai que je me souviens de ces pochettes de disque par rapport, bon, je me souviens de celles des Beatles qui traversent leur route, puis les autres, les Zeppelin peut-être, je sais pas si vous avez déjà entendu parler de ce groupe-là, si vous écoutez encore la musique comme ça, mais en tout cas quand j'étais gamin, c'est ce qui écoutait, mais ça...

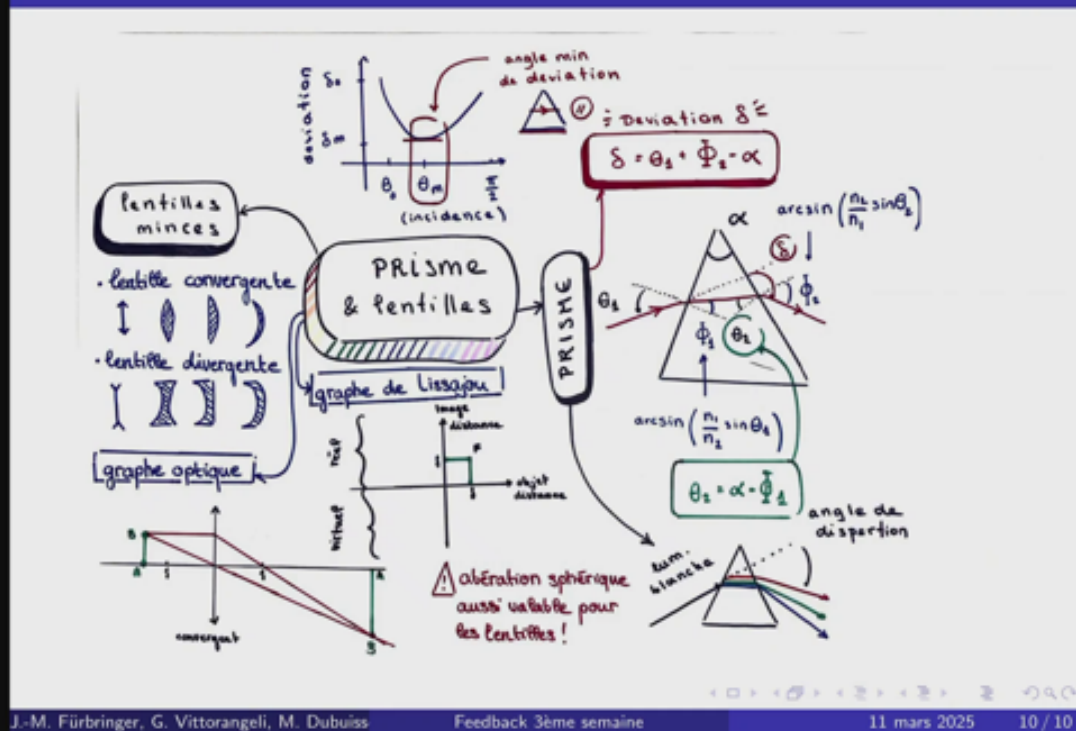
notes

résumé

10m 17s



Mind map



J.-M. Fürbringer, G. Vittorangeli, M. Dubuiss

Feedback 3ème semaine

11 mars 2025

10 / 10

Voilà, et puis voilà, une dernière carte dont j'ai apprécié aussi, Julia a aussi apprécié le graphisme, vous voyez qu'il y a des tas de styles, vous voyez qu'on a tous des autres, des manières différentes de percevoir les choses, de les mettre en lien, il faut être sûr que les liens soient corrects, donc ça devrait la peine d'aller regarder les liens. Manières générales, les liens des fois sont un peu circonstanciels, on n'est pas dans une modélisation du savoir dans le CES, on a vraiment essayé de voir le lien de chaque truc avec chaque truc, donc là on est plutôt dans un effort de mémorisation, et probablement que ces cartes représentent un petit peu la manière dont dans nos différents cerveaux, ces connaissances, elles s'organisent, elles sont proches des unes des autres, quand on en a une, on pense à une autre, etc. Et ça sert aussi à ça. Voilà.

notes

résumé

11m 37s



1.5.8 Combinaison de deux lentilles

Formule des lentilles minces en série

$$\frac{1}{f_{\text{eq}}} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} - \frac{d}{f_1 \cdot f_2}$$

- Focales des lentilles f_1 et f_2 .
- Distance entre les lentilles (d) est parfois négligée pour simplicité.

Calcul de la distance de l'image (p')

$$\frac{1}{p'} = -\frac{1}{p} + \frac{1}{f_{\text{eq}}} \Rightarrow p' = \frac{p f_{\text{eq}}}{p - f_{\text{eq}}}$$

- La convention est que la lumière vient de la gauche, que p est positif à gauche de la lentille et p' à droite

Alors, là, la dernière fois, on a regardé un peu comment fonctionnaient

notes

résumé

12m 36s

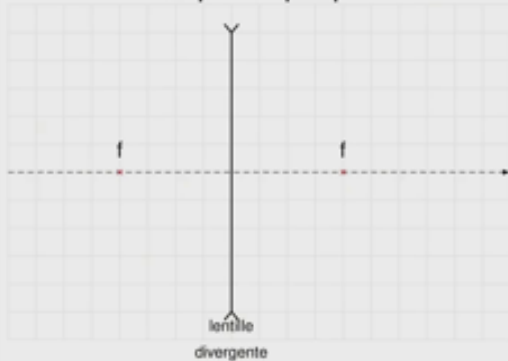


Lentilles divergentes

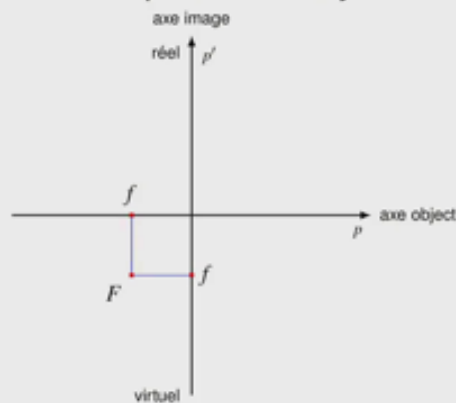
1.5.6

Quel que soit où se situe l'objet devant la lentille concave, les caractéristiques de l'image sont toujours identiques: l'image sera virtuelle, droite, plus petite que l'objet et elle sera située plus près de la lentille que l'objet.

Graphique optique



Graphique de Lissajou



les lentilles, les lentilles convergentes, les lentilles divergentes, je vous ai montré les deux types de graphique, donc ce qu'on appelle plutôt un graphoptique, un schéma optique dans lequel on représente certains des rayons, pour essayer de comprendre, souvenez-vous toujours que c'est certains des rayons, et pas tous. Et puis on a vu comment dans le graphoptique, une manière de résoudre, si vous voulez, on vous pose un problème d'optique géométrique, qu'il faut résoudre dans le graphoptique, qu'il faut utiliser les rayons principaux, ça veut dire soit des rayons parallèles à l'axoptique, soit des rayons qui passent par le centre optique, parce qu'ils traversent tout droit, soit des rayons qui passent par le foyer objet, et puis que c'est la manière de reconstruire, au moins deux, c'est la manière de reconstruire. Et quand on a un point, on fait ça comme ça, et quand on a une droite, on va essayer de prendre des points et de faire les mêmes opérations. Et puis je vous ai aussi montré un outil assez puissant, peu connu, il y a plein de gens qui ne le connaissent pas, on appelle ça les graves de lissageaux, qui a la caractéristique de résoudre graphiquement les questions des cartes, les questions des cartes qui disent qu'un sur P prime plus un sur P est égal à un sur F, donc ça permet très rapidement de calculer, mais on a passé du grave au calcul, puis là on repasse du calcul au grave, c'est un grave qui représente bien les choses, donc on sait qu'on va représenter la solution par une droite qui va passer par le point F majuscule, par le point objet et par le point image, et puis qu'on doit aligner ces trois points et que ça donne rapidement les solutions, ça permet aussi

notes

résumé

12m 38s

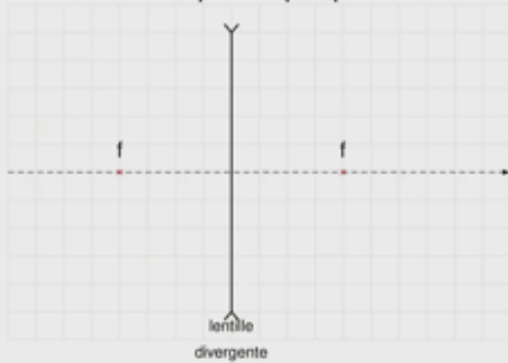


Lentilles divergentes

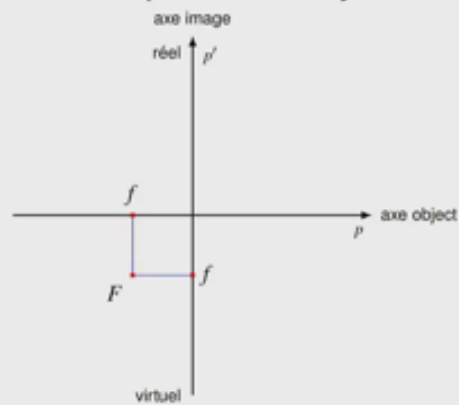
1.5.6

Quel que soit où se situe l'objet devant la lentille concave, les caractéristiques de l'image sont toujours identiques: l'image sera virtuelle, droite, plus petite que l'objet et elle sera située plus près de la lentille que l'objet.

Graphe optique



Graphe de Lissajou



de comprendre qu'est-ce qui va se passer quand on va bouger un petit peu autour du point où on est, savoir dans quel sens ça va faire évoluer l'image, est-ce que l'image va devenir virtuelle ou l'inverse, est-ce qu'elle est agrandie ou est-ce qu'elle est diminuée, par contre ça ne nous donne pas si elle est droite ou inversée, vous ne vous obtenez pas dans ça, vous pouvez l'obtenir que dans le graphe optique si vous voulez savoir si l'image est droite ou inversée.

notes

résumé

ations sur les lentilles sphériques minces

orceau de verre coupé
contre un outil

corrigée par système de
n de rayon paraxiaux

ur faible par rapport au

Conventions:

- Sauf indication contraire la lumière part de la gauche
- Les distances sont mesurées à partir de la lentille
- Distance objet positive si l'objet est à gauche de la lentille
- Distance image positive si l'image est à droite de la lentille

1.5.7 Objet vs

Objet vs Image

- Un objet est une réelle.
- Une image est la optique d'un obj
- Les objets émet la lumière.
- Les images sont convergence ou rayons lumineux

Donc, ça c'est quelques petites notions comme ça, et parce que j'ai rassemblé sur un slide, sur les lentilles, donc ces lentilles elles sont en général sphériques, et vous avez compris, j'ai assez insisté, le problème des systèmes sphériques c'est qu'ils ont des aberrations, et puis elles sont faciles à construire, donc c'est un équilibre, c'est vraiment typique de l'ingénierie où on fait quelque chose qui n'est pas idéal, mais on l'utilise de manière où les problèmes ne sont pas trop importants. Donc ça veut dire que dans les systèmes sphériques, on va utiliser les rayons qui sont le plus proches possible de l'axe optique, avec des angles qui sont très petits, donc dans ces quatre angles, on verra encore une nouvelle méthode de calcul que je vais vous montrer, comme les angles sont petits, on a l'intérêt que les sinus α est égal à α , ça veut dire qu'on s'économise certains calculs trigonométriques, tangente α est égal aussi α quand les angles sont petits, puis les cosinus ils sont très proches de 1, donc ça simplifie pas mal les calculs. Donc il faut penser aux aberrations sphériques, on peut les corriger par des diaphragmes en éliminant, c'est dépendant de quel système on est en train de parler, mais typiquement dans les appareils de photos, dans les systèmes de vision, on va limiter les rayons marginaux pour avoir que ce qui est au centre et éviter d'avoir des problèmes. Et puis là j'ai aussi mis un certain nombre de conventions, donc en général on dessine la lumière qui vient depuis la gauche, voilà, c'est à la droite de faire ce qu'on veut, mais on n'empêche que presque tous les graphiques qui sont faits comme ça et ça permet rapidement de comprendre la salle de choses, de voir d'où viennent les

notes

résumé

15m 20s



ations sur les lentilles sphériques minces

orceau de verre coupé
contre un outil

corrigée par système de
n de rayon paraxiaux

ur faible par rapport au

Conventions:

- Sauf indication contraire la lumière part de la gauche
- Les distances sont mesurées à partir de la lentille
- Distance objet positive si l'objet est à gauche de la lentille
- Distance image positive si l'image est à droite de la lentille

1.5.7 Objet vs

Objet vs Image

- Un objet est une réelle.
- Une image est la optique d'un obj
- Les objets émet la lumière.
- Les images sont convergence ou rayons lumineux

choses. Les distances sont mesurées à partir de la lentille et pas à partir de la focale, ça arrive il y a certains vieux textes entre autres sur les miroirs qui ne prennent pas le sommet comme référence, mais quand on fait ça c'est à partir de la lentille et puis on estime aussi de ce qui est positif et négatif, donc les distances images positives, si l'image est à droite de la lentille et l'image est négative si elle est à gauche de la lentille. Ça permet un petit peu de faire les choses un petit peu automatiquement au lieu de devoir réfléchir à chaque élément. Et puis voilà.

notes

résumé

e, réel vs virtuel

Image Réelle vs Image Virtuelle

e de lumière

- Une image réelle peut être projetée sur un écran.

sensation

- Une image virtuelle ne peut pas être projetée sur un écran.

réfléchissent

- Les images réelles sont formées par la convergence des rayons lumineux.

es par la
vergence des

- Les images virtuelles sont formées par la divergence des rayons lumineux.

1.5.8 Combinaison

Formule des lentilles

- Focales des lentilles
- Distance entre les len

Calcul de la distance

- La convention est que
- de la lentille et n' à dr

J'avais même oublié que j'avais fait ce slide, donc je crois que j'avais déjà fait un autre slide dans l'autre cours, je reparlais d'images, objets versus images réelles versus virtuelles, donc c'est clair ce que c'est l'objet. La source de lumière, c'est de l'ac, vient le rayon lumineux dont on cherche à comprendre le chemin. L'image est la représentation optique d'un objet, les objets émettent ou réfléchissent la lumière, donc c'est la source, mais en fait c'est parce qu'ils l'ont reçu et ils la retransmettent, et puis les images sont formées par la convergence ou la divergence des rayons lumineux. Donc dans les systèmes convergence, ça veut dire qu'on va avoir plus de rayons, mais entre autres, au moins deux des rayons caractéristiques qui vont converger sur l'image. Et puis dans les systèmes divergents, en fait on va utiliser... Comment expliquer ça ? Les rayons ne vont pas arriver à l'objet, mais en fait c'est notre œil qui va créer une source qui est là où on aura notre image virtuelle. Donc comment distinguer images réelles et images virtuelles ? Donc une image réelle peut être projetée sur un écran, comme mon slide, vous êtes dans la salle que vous soyez placé n'importe où, vous voyez quasiment la même chose, ça c'est vraiment une image réelle, une image virtuelle ne peut pas être projetée sur un écran, et puis suivant votre position, vous n'allez pas avoir la même chose, c'est vraiment ce qui se passe dans un miroir. Si vous vous placez à gauche ou à droite de miroir, vous ne verrez pas la même chose. Les images réelles sont formées par la convergence des rayons lumineux, les images virtuelles sont formées par la divergence des rayons lumineux. Voilà des petits repères qui vous permettent de distinguer si la question

notes

résumé

18m 8s



e, réel vs virtuel

Image Réelle vs Image Virtuelle

e de lumière

- Une image réelle peut être projetée sur un écran.

sensation

- Une image virtuelle ne peut pas être projetée sur un écran.

réfléchissent

- Les images réelles sont formées par la convergence des rayons lumineux.

es par la
vergence des

- Les images virtuelles sont formées par la divergence des rayons lumineux.

1.5.8 Combinaison

Formule des lentilles

- Focales des lentilles
- Distance entre les len

Calcul de la distance

- La convention est que
de la lentille et n' à dr

était est-ce que c'est une image virtuelle ou une image réelle, ou si c'est qu'est-ce qu'on peut faire avec l'image produite par ce système optique ? Si il est réel, on peut le projeter sur quelque chose, on aura besoin de le projeter sur quelque chose pour le voir, alors que si elle est virtuelle, on n'a pas besoin de le projeter sur quelque chose. On est compte à la salle de main, c'est-à-dire en plus d'avoir un écran pour pouvoir se voir de ce que le miroir envoie. Donc vous pouvez avoir une certaine logique dans ces deux sortes d'images.

notes

résumé

1.5.8 Combinaison de deux lentilles

Formule des lentilles minces en série

$$\frac{1}{f_{eq}} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} - \frac{d}{f_1 \cdot f_2}$$

- Focales des lentilles f_1 et f_2 .
- Distance entre les lentilles (d) est parfois négligée pour simplicité.

Calcul de la distance de l'image (p')

$$\frac{1}{p'} = -\frac{1}{p} + \frac{1}{f_{eq}} \Rightarrow p' = \frac{p f_{eq}}{p - f_{eq}}$$

- La convention est que la lumière vient de la gauche, que p est positif à gauche de la lentille et p' à droite.

Maintenant, ce qui est intéressant, quand on a des lentilles, c'est déjà de comprendre comment fonctionne chacune des lentilles, mais c'est leur conjugaison qui a du sens. Dans les systèmes optiques, on va en regarder quelques uns après, que ce soit... Dans la loop, il y a une seule... Dans la loop, il y a une seule lentille, mais autrement dans les autres systèmes, dans notre œil aussi, il y a une seule lentille. Mais dans les microscopes, dans les télescopes, dans les lunettes... astronomiques, dans les télémètres, je vous ai amené un objet du musée, de physique qui m'a un petit peu fasciné ces derniers temps, on a un ensemble de plusieurs lentilles qui sont combinées. Donc il y a d'une part, être capable de calculer les distances focales qui sont provoquées par cette conjugaison de lentilles. Voilà. À froid. La formule qui permet de calculer la focale équivalente quand vous avez des lentilles séparées par une distance d . Donc vous avez l'inverse de la focale équivalente, donc on est toujours dans cette même optique, de cette même approche que la loi de Descartes. On travaille avec les inverses, avec les dioptries. Donc en fait, vous avez l'inverse de la fréquence équivalente est égale à l'inverse de la... la fréquence, la focale, pardon. L'inverse de la focale équivalente, c'est égale à... l'inverse de la première focale, plus l'inverse de la deuxième focale, moins le produit de la distance... Le rapport de la distance entre les deux des, c'est la distance entre les deux... les deux lentilles divisé par le produit des deux focales. Donc si elles sont collées l'une à l'autre, ben des va avoir zéro et ce terme va pas avoir d'importance et puis vous allez simplement augmenter les dioptries. Les dioptries vont s'ajouter mais si vous avez

notes

résumé

20m 53s



1.5.8 Combinaison de deux lentilles

Formule des lentilles minces en série

$$\frac{1}{f_{eq}} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} - \frac{d}{f_1 \cdot f_2}$$

- Focales des lentilles f_1 et f_2 .
- Distance entre les lentilles (d) est parfois négligée pour simplicité.

Calcul de la distance de l'image (p')

$$\frac{1}{p'} = -\frac{1}{p} + \frac{1}{f_{eq}} \Rightarrow p' = \frac{p f_{eq}}{p - f_{eq}}$$

- La convention est que la lumière vient de la gauche, que p est positif à gauche de la lentille et p' à droite

une distance il va se passer quelque chose. Donc, ben on peut revenir à la... la calcul de la position de l'image P prime. Donc, on va faire la même chose. On va donc avoir que 1 sur P prime c'est égal à 1 sur la focale du système dont on est en train de parler. Moins 1 sur la distance de l'objet. Normalement il était de l'autre côté avec le signe plus. On avait 1 sur P plus 1 sur P prime est égal à 1 . C'est la loi, elle va être décrite. Et puis... Donc maintenant on peut calculer la nouvelle position de l'objet quand on a conjugué les deux lentilles et ça va être la position P du point objet multiplié par la nouvelle focale divisé par la différence entre P et focale. Si vous avez bien calculé, il est quelque part et voilà comment il le fait. Par contre, ce qui est intéressant c'est de comprendre pourquoi on fait ça. Donc regardez ce système-là. Alors, la caméra 28 Je vais voir, est-ce que ça... Je crois que ça marche. Pas de changer de caméra. Non, ça marche pas. Ceux qui l'ont à distance, malheureusement, ils pourront pas voir ça. Donc vous voyez, j'ai 3 rayons, j'ai un rayon moyen, puis j'ai des rayons parallèles, ils sont tous parallèles, mais qui sont un petit peu marginaux, qui sont donc focalisés sur point focale. Et qu'est-ce qui se passe quand je vais conjuguer mais dans la photographie standard, on a des téléobjectifs très puissants, dans des distances qui sont tout à fait abordables. Donc c'est ça l'intérêt de conjuguer. Voilà pourquoi on

notes

résumé

1.5.8 Combinaison de deux lentilles

Formule des lentilles minces en série

$$\frac{1}{f_{\text{eq}}} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} - \frac{d}{f_1 \cdot f_2}$$

- Focales des lentilles f_1 et f_2 .
- Distance entre les lentilles (d) est parfois négligée pour simplicité.

Calcul de la distance de l'image (p')

$$\frac{1}{p'} = -\frac{1}{p} + \frac{1}{f_{\text{eq}}} \Rightarrow p' = \frac{p f_{\text{eq}}}{p - f_{\text{eq}}}$$

- La convention est que la lumière vient de la gauche, que p est positif à gauche de la lentille et p' à droite

a envie de conjuguer des lentilles.

notes

résumé

Conjugaison de deux lentilles (II)

Grandissement (G)

$$G = \frac{h'}{h} = \frac{p'}{p} = \frac{f_{\text{eq}}}{p - f_{\text{eq}}}$$

Le grandissement G représente la réduction de la taille de l'image par rapport à

Comment s'intéresser à la conjugaison, on s'intéresse aussi au grandissement. Donc ça veut dire savoir par rapport à la réalité qu'elle sera la taille de l'image. Donc c'est toujours le rapport entre P et P' , c'est-à-dire le rapport entre les positions des deux objets, mais c'est aussi le rapport entre la hauteur de l'image par rapport à la hauteur de l'objet. Et puis on voit que c'est comme précédemment, puisqu'on a une focale équivalente, c'est égal à la focale équivalente divisé par la position de l'objet moins la focale équivalente.

notes

résumé

26m 44s



1.6 Les matrices de transfert

Alors maintenant je vais vous montrer, je vais vous introduire une méthode de calcul qui est très intéressante, mais il faut comprendre qu'elle ne marche que pour ces rayons qui sont peu sensibles à l'abération sphérique. Parce que c'est intéressant parce que c'est matriciel, donc ça veut dire qu'on n'a pas besoin de refaire tous les dessins et chaque petit calcul pour savoir ce qu'est le système optique par rapport aux propriétés de chacun de ces éléments. Mais je répète, ça ne fonctionne que pour des rayons qui ont des très petits angles, parce qu'entre autres on va systématiquement utiliser l'approximation que le sinus de l'angle est égal à l'angle. On appelle ça des matrices de transfert.

notes

résumé

27m 33s



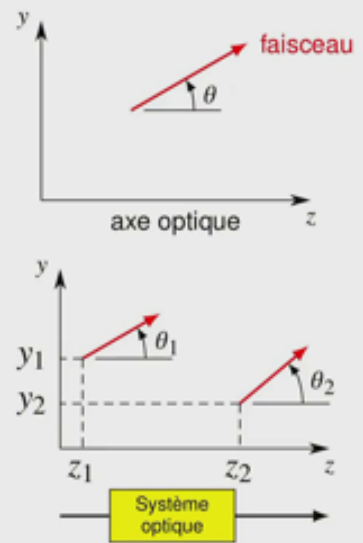
.6.1 Système optique

- Méthode pour combiner des éléments optiques 2x2
- On utilise l'approximation **paraxiale**
- Un faisceau est caractérisé par sa position z sur l'axe optique, sa hauteur y et son angle θ
- La réponse d'un système optique est caractérisée par une matrice de transfert 2×2 qui relie les deux paramètres à la sortie (y_2, θ_2) avec ceux à l'entrée (y_1, θ_1) :

$$\begin{pmatrix} y_2 \\ \theta_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} m_{11} & m_{12} \\ m_{21} & m_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} y_1 \\ \theta_1 \end{pmatrix} = M \begin{pmatrix} y_1 \\ \theta_1 \end{pmatrix} \quad (1.8)$$

- Pour un système complexe, on suit le faisceau à travers toutes les matrices en les multipliant:

$$M = M_N \times \dots \times M_2 \times M_1 \quad (1.9)$$



En anglais, ce sont pas foulés, ils appellent ça des matrices ABCD, parce qu'en fait, il y a quatre éléments, puis ils appellent A le premier, B le deuxième, C le troisième et D le quatrième. Donc si vous cherchez dans la littérature, vous ne trouvez pas tout le temps matrices de transfert, vous trouvez des choses comme ABCD-Matrices. Donc c'est assez pratique pour combiner des éléments optiques et comprendre quel est le résultat. Donc quand on fait ça, on utilise, je pense qu'on appelle l'approximation paraxiale. Donc ça, ça veut dire que ça ne fonctionne que pour des petits angles, que pour des rayons qui sont très très proches de l'axoptique. C'est vraiment essentiel. Il n'y a pas besoin d'aller autour de 10° , dès que ça dépasse 10° , si mes souvenirs sont bons, on commence à avoir des problèmes, mais on n'arrive pas du tout à obtenir des résultats satisfaisants. Donc un faisceau, un rayon, vous l'appellez comme vous voulez, un ray aussi. En français, on a le mot RAI, qui est un ray de lumière, on peut aussi utiliser ça. Je l'ai caractérisé par, on va dire, deux coordonnées. Une des coordonnées, c'est sa hauteur par rapport à l'axe optique. Donc c'est clair que plus ou moins, on ne devrait pas changer. En fait, en général, nos systèmes, ils sont même cylindriques, mais on fait en général les calculs sur un plan. Mais donc c'est la distance à laquelle on se trouve de l'axe optique. Et que ce soit en haut ou en bas, je ne l'ai pas changé. Et puis l'autre intérêt, c'est l'angle par rapport à l'horizontale du faisceau. Et les matrices vont nous dire comment ces différentes choses vont changer. Donc on va rentrer avec la hauteur et l'angle, et on va réobtenir, après le

notes

résumé

28m 25s



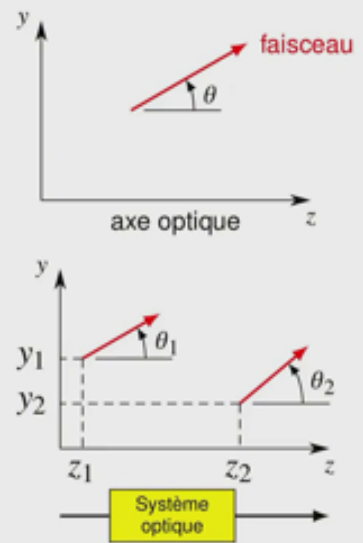
.6.1 Système optique

- Méthode pour combiner des éléments optiques 2x2
- On utilise l'approximation **paraxiale**
- Un faisceau est caractérisé par sa position z sur l'axe optique, sa hauteur y et son angle θ
- La réponse d'un système optique est caractérisée par une matrice de transfert 2×2 qui relie les deux paramètres à la sortie (y_2, θ_2) avec ceux à l'entrée (y_1, θ_1) :

$$\begin{pmatrix} y_2 \\ \theta_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} m_{11} & m_{12} \\ m_{21} & m_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} y_1 \\ \theta_1 \end{pmatrix} = M \begin{pmatrix} y_1 \\ \theta_1 \end{pmatrix} \quad (1.8)$$

- Pour un système complexe, on suit le faisceau à travers toutes les matrices en les multipliant:

$$M = M_N \times \dots \times M_2 \times M_1 \quad (1.9)$$



système optique qu'on a considéré, on va obtenir la hauteur du rayon et l'angle avec lequel il va émerger du système optique. C'est une matrice, 2 par 2. Là, je l'ai représentée avec des $M_1, M_1, M_2, M_2, M_1, M_2$, donc si je voulais être correct avec la nomenclature anglo-saxon, ce serait A, B, C, D. Je vous dis que c'est pour ça qu'on appelle ça les matrices A, B, C, D. Et vous voyez qu'en entrée, donc le produit matriciel, peut-être que certains d'entre vous n'ont pas. entre vous, non pas. Je sais pas s'il y a besoin de plus d'explications sur le calcul matriciel. Je peux vite faire un petit apartage. Je sais pas à quel point c'est connu de tout le monde. Il faut me faire un peu signe si c'est très compliqué pour vous. Mais donc ça, ça s'appelle une matrice, ça s'appelle un vecteur. Je savais que la pile était... Non, ça marche. Je sais pas. Ok, je continue. Et donc, moi je fais comme ça avec les doigts pour me souvenir comment on fait le calcul. Donc on va faire pour le premier élément, on va faire ceci multiplié par ceci et puis ceci multiplié par ceci. Et ça va nous donner le premier élément de la réponse. Enfin, celui-là. Et puis après, je vais changer de couleur, on va faire ceci multiplié par ceci et puis on va prendre une autre couleur encore. C'est pas ce qu'on peut prendre, un jaune. On va faire ceci multiplié par ceci. Ça veut dire que dans la matrice on va se déplacer horizontalement quand dans le vecteur on va se déplacer verticalement. Ici, quand on fait le calcul, on va se déplacer comme ça puis quand on fait le calcul, on va se déplacer comme

notes

résumé

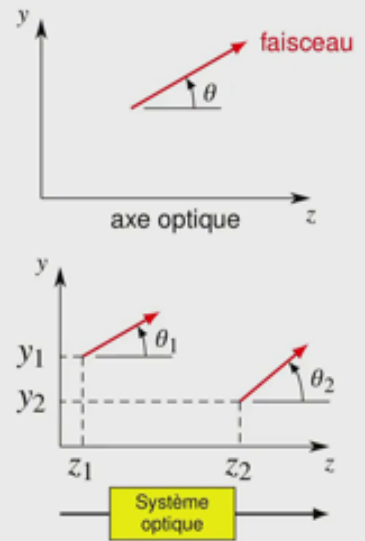
6.1 Système optique

- Méthode pour combiner des éléments optiques 2x2 .
- On utilise l'approximation **paraxiale**
- Un faisceau est caractérisé par sa position z sur l'axe optique, sa hauteur y et son angle θ
- La réponse d'un système optique est caractérisée par une matrice de transfert 2×2 qui relie les deux paramètres à la sortie (y_2, θ_2) avec ceux à l'entrée (y_1, θ_1) :

$$\begin{pmatrix} y_2 \\ \theta_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} m_{11} & m_{12} \\ m_{21} & m_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} y_1 \\ \theta_1 \end{pmatrix} = M \begin{pmatrix} y_1 \\ \theta_1 \end{pmatrix} \quad (1.8)$$

- Pour un système complexe, on suit le faisceau à travers toutes les matrices en les multipliant:

$$M = M_N \times \dots \times M_2 \times M_1 \quad (1.9)$$



ça. Et donc, la multiplication d'une matrice 2×2 par un vecteur 2×1 .

notes

résumé

.6.1 Système optique

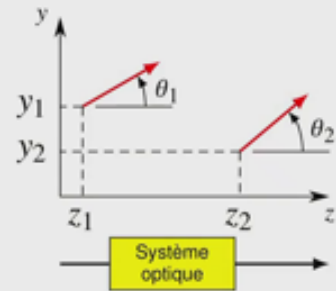
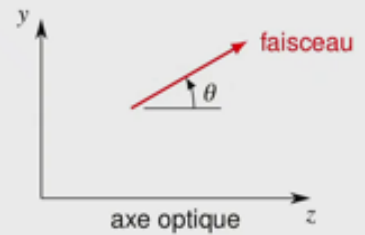
- Méthode pour combiner des éléments optiques
- On utilise l'approximation **paraxiale**
- Un faisceau est caractérisé par sa position z sur l'axe optique, sa hauteur y et son angle θ
- La réponse d'un système optique est caractérisée par une matrice de transfert 2×2 qui relie les deux paramètres à la sortie (y_2, θ_2) avec ceux à l'entrée (y_1, θ_1) :

$$\begin{pmatrix} Y_2 \\ \theta_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} m_{11} & m_{12} \\ m_{21} & m_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} Y_1 \\ \theta_1 \end{pmatrix} = \underline{M} \begin{pmatrix} Y_1 \\ \theta_1 \end{pmatrix} \quad (1.8)$$

(Handwritten notes: 2x2 · 2x1 = 2x1)

- Pour un système complexe, on suit le faisceau à travers toutes les matrices en les multipliant:

$$M = M_N \times \dots \times M_2 \times M_1 \quad (1.9)$$



On commence toujours verticalement. 2×2 , la matrice est des 2×2 , le vecteur est 2×1 . Ça donnera toujours le résultat des extrêmes. Ça va donner $1, 2, \times 1$. J'ai fait un petit peu mon charabia là. Donc j'ai bien un 2×2 , c'est ça. $2 \times 2, 2 \times 1$. Et mon résultat, ça va être 2×1 . Donc c'est intéressant parce que maintenant il faut savoir à quoi correspondent ces matrices. Ces matrices, elles vont qualifier les systèmes optiques. Et puis quand on aura plusieurs systèmes optiques, on va pouvoir les multiplier entre eux. Ici, c'est ce qui est écrit quand j'ai dit m égale ça, c'est que m , c'est celle-là.

notes

résumé

33m 1s



1.6.1 Système optique

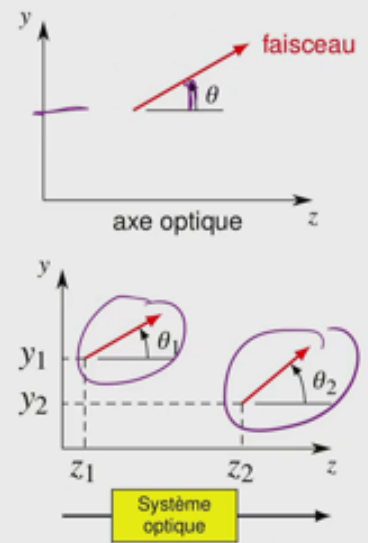
- Méthode pour combiner des éléments optiques
- On utilise l'approximation **paraxiale**
- Un faisceau est caractérisé par sa position z sur l'axe optique, sa hauteur y et son angle θ
- La réponse d'un système optique est caractérisée par une matrice de transfert 2×2 qui relie les deux paramètres à la sortie (y_2, θ_2) avec ceux à l'entrée (y_1, θ_1) :

$$\begin{pmatrix} y_2 \\ \theta_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} m_{11} & m_{12} \\ m_{21} & m_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} y_1 \\ \theta_1 \end{pmatrix} = \underline{M} \begin{pmatrix} y_1 \\ \theta_1 \end{pmatrix} \quad (1.8)$$

Handwritten notes: $2 \times 2 \cdot 2 \times 1 = 2 \times 1$

- Pour un système complexe, on suit le faisceau à travers toutes les matrices en les multipliant:

$$M = \underline{M}_N \times \dots \times \underline{M}_2 \times \underline{M}_1 \quad (1.9)$$



J'appelle m. La matrice fois le vecteur me donne un vecteur. Et puis quand je vais avoir plusieurs systèmes, je peux qualifier chacun des systèmes à partir de sa matrice et ça va être le produit des matrices qui va me donner le résultat du système. Donc ce qui est intéressant, ça va faire un petit peu la même chose que si je fais mes dessins optiques, mais c'est un petit peu plus rapide, parce que programmer des dessins optiques, c'est pas simple alors que ça, programmer des calculs, donner les caractéristiques des différents systèmes optiques, la focale, la hauteur du rayon, etc. C'est beaucoup plus facile. Les dessins qui sont là redisent un petit peu ce qui a été énoncé. Je regarde là, c'est bon. Donc un rayon est défini par sa hauteur par rapport à l'axe optique et puis son angle. Et donc quand on a un système optique, on va avoir une entrée et puis on va pouvoir prédire la sortie. Des questions à ce niveau-là ? Vous aurez dans la série de cette semaine un exercice pour vous entraîner et si c'est pour vous la première fois que vous rentrez des matrices, n'hésitez pas à courir derrière vos assistants pour qu'ils vous expliquent qu'ils ont vraiment l'habitude. En ingénierie, c'est vraiment des calculs qu'on fait beaucoup. Donc si pour vous c'est un peu nouveau, pas de souci, pas de problème, on vous explique qu'il n'y a rien de très compliqué derrière. Il y a des trucs très compliqués avec les matrices. Mais je veux dire, ce qu'on va faire avec les matrices dans ce cas-là, on va les multiplier par un vecteur, on va les multiplier entre elles, c'est vraiment pas compliqué. C'est des petites matrices 2 par 2, c'est assez facile à faire. Mais je

notes

résumé

34m 20s



1.6.1 Système optique

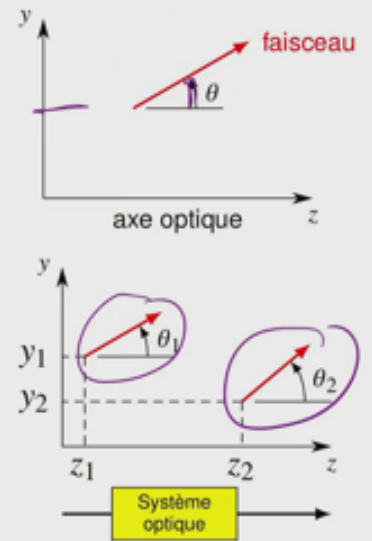
- Méthode pour combiner des éléments optiques
- On utilise l'approximation **paraxiale**
- Un faisceau est caractérisé par sa position z sur l'axe optique, sa hauteur y et son angle θ
- La réponse d'un système optique est caractérisée par une matrice de transfert 2×2 qui relie les deux paramètres à la sortie (y_2, θ_2) avec ceux à l'entrée (y_1, θ_1) :

$$\begin{pmatrix} y_2 \\ \theta_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} m_{11} & m_{12} \\ m_{21} & m_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} y_1 \\ \theta_1 \end{pmatrix} = \underline{M} \begin{pmatrix} y_1 \\ \theta_1 \end{pmatrix} \quad (1.8)$$

Handwritten notes: $2 \times 2 \cdot 2 \times 1 = 2 \times 1$

- Pour un système complexe, on suit le faisceau à travers toutes les matrices en les multipliant:

$$\underline{M} = \underline{M}_N \times \dots \times \underline{M}_2 \times \underline{M}_1 \quad (1.9)$$



peux imaginer que la première fois qu'on les rencontre, ça peut être un petit peu... Vous êtes très gentils parce que l'année passée,

notes

résumé

1.6.2 Matrice de transfert (I)

- Propagation d'une distance d dans l'espace libre (milieu homogène): approximation des petits angles, donc l'angle reste le même, la hauteur est augmenté par $\theta \times d$ (θ en radians):

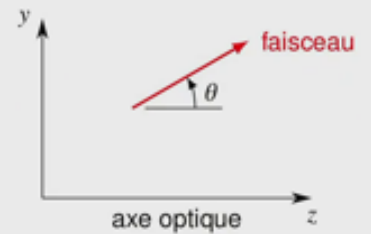
$$M = \begin{pmatrix} 1 & d \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (1.10)$$

- Passage d'une interface entre deux milieux: la hauteur reste la même, l'angle change par Snell-Descartes:

$$M = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & \frac{n_1}{n_2} \end{pmatrix} \quad (1.11)$$

- Réflexion par un miroir plan (le changement de direction n'est pas pris en compte):

$$M = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (1.12)$$



j'ai dit qui a jamais vu les matrices, puis il y a toute la classe qui a levé la main, donc j'ai été bon pour faire une présentation des matrices. Donc maintenant qu'on connaît un petit peu comment ça fonctionne, le fait qu'un système est décrit par une matrice, qu'un rayon est décrit par un vecteur qui a d'une part... C'est un peu bizarre, c'est pas... Dans les vecteurs en général, on a un X, un Y, ou les choses comme ça, mais là, dans ce vecteur, on a un angle et une position. Une autre art. Donc ensuite, ce qui est important, c'est de connaître quelles sont les différentes matrices pour les systèmes données. Donc, qu'est-ce qu'on peut avoir dans un système optique ? On peut avoir une distance entre de l'anti, il y a un moment par rapport au point où on s'intéresse, il y a une certaine distance. Une distance, elle est représentée par un truc bizarre, une matrice qui a un sur la diagonale, et puis qui a juste la distance dans le carré supérieur droit, et puis qui a un zéro. Donc si vous êtes un peu familier de ça, pour vous, c'est pas très étonnant d'imaginer si je vous dis qu'on a une matrice de base qu'une matrice identité. Ça, c'est une matrice qui ne changerait rien. Si vous multipliez n'importe quel élément, ça, c'est l'équivalent du 1 pour la multiplication arithmétique. Une matrice qui est comme ça, parce qu'à n'importe quel vecteur que vous aurez, qui sera AB, le résultat, ça va être AB, parce qu'une fois A plus 0 fois B, ça fait A, et puis 0 fois A plus 1 fois B, ça fait B. Donc ça veut dire que ça, c'est vraiment l'élément nœud. Donc vous voyez que c'est presque

notes

résumé

36m 20s



1.6.2 Matrice de transfert (I)

- Propagation d'une distance d dans l'espace libre (milieu homogène): approximation des petits angles, donc l'angle reste le même, la hauteur est augmenté par $\theta \times d$ (θ en radians):

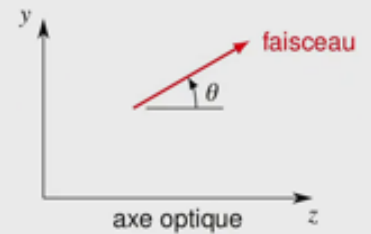
$$M = \begin{pmatrix} 1 & d \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (1.10)$$

- Passage d'une interface entre deux milieux: la hauteur reste la même, l'angle change par Snell-Descartes:

$$M = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & \frac{n_1}{n_2} \end{pmatrix} \quad (1.11)$$

- Réflexion par un miroir plan (le changement de direction n'est pas pris en compte):

$$M = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (1.12)$$



une matrice, elles sont toutes plus ou moins proches de matrice nœud, mais elles changent quelque chose. Donc elle, elle va changer. Ce qui va se passer, c'est que si j'ai un angle, ça va changer quelque chose. Si j'ai pas d'angle, ça va rien changer. Donc elle va, cette matrice, celle-là, une fois que ici j'ai mis un B, il faut pas qu'il mette un B parce que j'ai déjà des B là, donc on comprend rien du tout, et qu'il faut bien en arrière. Si... Alors là j'ai un D, donc ici j'ai un D. Vous voyez qu'on va... on va multiplier P A par A, et puis on va lui ajouter le produit de B par D. Donc ça veut dire que si j'ai une pente, la pente, elle va continuer. Et quand j'ai ma distance, je suis en train de monter, puis ça va continuer proportionnellement à faire monter mon point. Ma hauteur va progresser. Ou si j'étais penché vers le bas, avec un angle négatif, ça va continuer à la faire descendre pour la rapprocher de l'angle. Puis ça va rien toucher les autres choses, parce qu'en bas on aura $0 \times A$ et $1 \times B$, ça va rien changer à la deuxième... Donc ça va juste changer la première coordonnée qui va devenir ici... qui va devenir 1 plus BD. Et puis ici ça va être B. Donc ça veut dire que ça va être la hauteur multipliée par... la hauteur initiale va rester, puis on va lui rajouter la hauteur initiale multipliée par l'angle, donc ça va la faire diminuer ou ça va la faire augmenter. Maintenant, ce qui peut arriver à mon rayon, à mon faisceau, c'est que je peux passer par une dioptrie. Donc qu'est-ce qui se passe quand je

notes

résumé

1.6.2 Matrice de transfert (I)

- Propagation d'une distance d dans l'espace libre (milieu homogène): approximation des petits angles, donc l'angle reste le même, la hauteur est augmentée par $\theta \times d$ (θ en radians):

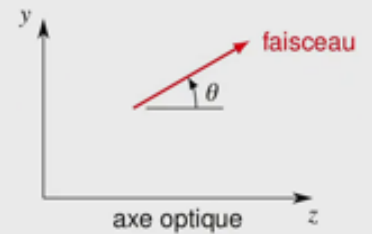
$$M = \begin{pmatrix} 1 & d \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (1.10)$$

- Passage d'une interface entre deux milieux: la hauteur reste la même, l'angle change par Snell-Descartes:

$$M = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & \frac{n_1}{n_2} \end{pmatrix} \quad (1.11)$$

- Réflexion par un miroir plan (le changement de direction n'est pas pris en compte):

$$M = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (1.12)$$



passe par une dioptré ? Vous avez la loi de Snell, donc vous savez que normalement, le N du $\sin \theta_i$, ni $\sin \theta_i$ est égal à $N_t \sin \theta_t$. Comme on est dans cette approximation paraxiale, les sinus deviennent des tétas. Donc le $\sin \theta$ devient θ . Donc en fait, maintenant on a juste le rapport. Le rapport des angles va être égal, mais dans ce cas-là, quand on a des petits angles, il va devenir au rapport des indices. Et puis après, on a la mécanique du produit matriciel, la même chose, donc ça veut dire ça va juste changer l'angle, ça va pas changer sa hauteur, ça va juste changer l'angle. Pourquoi ? Parce que je n'ai pas de distance, je suis au dioptré, donc j'arrive avec un angle et puis après le dioptré, j'ai un autre angle. Et la seule chose qui peut changer de mon rayon, c'est pas sa hauteur, c'est juste son angle. Donc c'est pour ça que j'ai une matrice qui a un 1 et un rapport des indices sur la diagonale, puis qui a 0 des autres côtés, parce que je ne touche pas les autres aspects, je ne touche pas les hauteurs. Quand on a un miroir plan, bah il ne passe rien. C'est-à-dire que ces matrices-là, elles vont pas considérer qu'on change de direction pour elles, c'est égal, on est juste en train de suivre les choses comme si on passait dans le monde virtuel à travers le miroir, elle ne tient pas compte. Donc quand on a un miroir, on a une matrice d'identité.

notes

résumé

1.6.3 Matrice de transfert (II)

- Réflexion par un miroir sphérique (le changement de direction n'est pas pris en compte):

$$M = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ -\frac{2}{R} & 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ -\frac{1}{f} & 1 \end{pmatrix} \quad (1.13)$$

- Passage d'une lentille mince: la hauteur reste la même, l'angle diminue par $\frac{1}{f}$:

$$M = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ -\frac{1}{f} & 1 \end{pmatrix} \quad (1.14)$$

Et puis quand on a un miroir sphérique, alors on va avoir un nombre dans le coin bas à gauche, qui va être égal à deux fois le rayon. Alors ça dépend, là, j'ai des contradictions entre mes slides, parce que dans un des slides, j'avais dit qu'au fond, la focale, c'était moins la focale, c'était la moitié du rayon, moins la moitié du rayon. Donc là, c'est une petite contradiction. Dans ce cas-là, on est en train de considérer donc peut-être qu'il faut, je sais pas, mettre une astérix

notes

résumé

42m 24s



1.6.3 Matrice de transfert (II)

- Réflexion par un miroir sphérique (le changement de direction n'est pas pris en compte):

* $f > 0$

$$M = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ \frac{2}{R} & 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ +\frac{1}{f} & 1 \end{pmatrix} \quad (1.13)$$

- Passage d'une lentille mince: la hauteur reste la même, l'angle diminue par $\frac{1}{f}$:

$$M = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ -\frac{1}{f} & 1 \end{pmatrix} \quad (1.14)$$

et se souvenir que là, on est en train de considérer un F qui est positif. Dans ce cas-là, alors que dans un des autres slides, j'ai considéré que le F était négatif. Et puis, par rapport, si je juste terminais ça, par rapport à ce que j'ai corrigé, je devrais corriger les choses, il faudrait plutôt écrire comme ça. Et ça, ça devient cohérent avec ce slide que j'ai corrigé, il y a 2 leçons dans lesquels je disais on parle d'une focale négative dans le cadre d'un miroir

notes

résumé

43m 24s



1.6.3 Matrice de transfert (II)

- Réflexion par un miroir sphérique (le changement de direction n'est pas pris en compte):

* $f > 0$

$$M = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ \frac{2}{R} & 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ +\frac{1}{f} & 1 \end{pmatrix} \quad (1.13)$$

- Passage d'une lentille mince: la hauteur reste la même, l'angle diminue par $\frac{1}{f}$:

$$M = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ -\frac{1}{f} & 1 \end{pmatrix} \quad (1.14)$$

semispérique. Et puis, si on a une lentille mince, alors on va pas considérer la distance de la lentille, c'est parce que c'est pour ça qu'elle est mince, on peut considérer qu'il n'y a pas de distance, que la distance du rayon à l'interlentic est négligeable, donc il n'y a pas de dé et on va simplement utiliser moins une fois la focale. Donc ça, il faut se souvenir

notes

résumé

44m 13s



1.6.3 Matrice de transfert (II)

- Réflexion par un miroir sphérique (le changement de direction n'est pas pris en compte):

* $f > 0$

$$M = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ -\frac{2}{R} & 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ +\frac{1}{f} & 1 \end{pmatrix} \quad (1.13)$$

- Passage d'une lentille mince: la hauteur reste la même, l'angle diminue par $\frac{1}{f}$:

$$M = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ -\frac{1}{f} & 1 \end{pmatrix} \quad (1.14)$$

de ces 5 matrices. Avec ces 5 matrices, on va pouvoir représenter plusieurs systèmes. Je vous laisse aller en pause.

notes

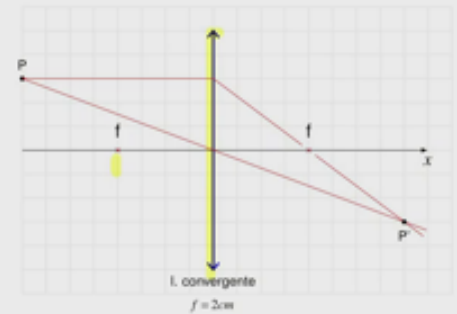
résumé

44m 47s



1.6.4 Exemple de calcul avec une matrice de transfert

- Une lentille convergente de focale $f = 2\text{cm}$
- Un point objet P en $(4, 1.5)$ à gauche
- Chercher P' image de P qui est à l'intersection de 2 rayons caractéristiques
- Construire la matrice de transfert : translation + lentille + translation



$$M \begin{pmatrix} 1.5 \\ \theta \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & x \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ -\frac{1}{2} & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 4 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1.5 \\ \theta \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 - \frac{x}{2} & 4 - x \\ -\frac{1}{2} & -1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1.5 \\ \theta \end{pmatrix}$$

- Instancier pour deux angles $\theta \in \{0, -\frac{1.5}{4}\}$
- On obtient 2 expressions à évaluer pour la hauteur de l'image y

$$\frac{3}{2} - \frac{3}{4}x = -\frac{3}{8}x \Rightarrow x = 4, y = -1.5$$

Un exemple de calcul. On a une lentille convergente. Vous l'avez identifié tout de suite. Avec ces flèches, j'ai placé les points focales et j'ai un point P qui se situe quelque chose comme à 2 cm. Là, ça c'est 2 cm, c'est la focale qui a 2 cm et j'ai un point qui se trouve à 4 cm. Donc 2 fois la focale et puis à une hauteur de 1.5 cm. Cherchez l'image P' de P qui est à l'intersection des deux rayons caractéristiques. Donc on sait le faire graphiquement. Maintenant est-ce qu'on arrive à obtenir la même chose en faisant le calcul de ce que je vous ai montré. Donc il faut construire les différentes matrices. Donc j'ai une translation pour arriver jusqu'à la lentille. J'ai une lentille et puis une translation pour arriver un peu plus loin. C'est ça, on te dit même mon système optique. Donc on a au milieu la focale

notes

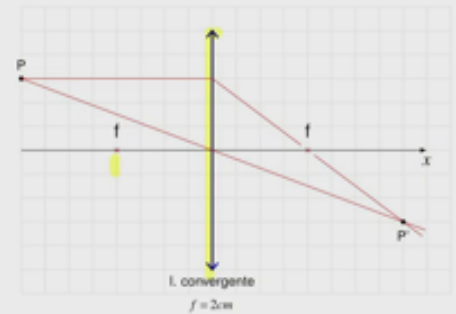
résumé

44m 57s



1.6.4 Exemple de calcul avec une matrice de transfert

- Une lentille convergente de focale $f = 2\text{cm}$
- Un point objet P en $(4, 1.5)$ à gauche
- Chercher P' image de P qui est à l'intersection de 2 rayons caractéristiques
- Construire la matrice de transfert : translation + lentille + translation



$$M \begin{pmatrix} 1.5 \\ \theta \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & x \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ -\frac{1}{2} & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 4 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1.5 \\ \theta \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 - \frac{x}{2} & 4 - x \\ -\frac{1}{2} & -1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1.5 \\ \theta \end{pmatrix}$$

- Instancier pour deux angles $\theta \in \{0, -\frac{1.5}{4}\}$
- On obtient 2 expressions à évaluer pour la hauteur de l'image y

$$\frac{3}{2} - \frac{3}{4}x = -\frac{3}{8}x \Rightarrow x = 4, y = -1.5$$

la lentille avec sa focale. On a dit qu'on avait une focale de 2 cm. Vous voyez donc que je essaye d'être cohérent au niveau des unités. Donc soit je parle tout en millimètres, soit je parle tout en centimètres, mais on doit absolument être cohérent. Donc ça c'est la matrice, celle que j'ai soulignée avec le jaune, c'est la matrice qui représente la lentille. 1 sur la diagonale, 0 à l'angle supérieur droit, moins 1 sur la focale, donc moins la dioptrie sur l'angle inférieur gauche. Et vous voyez qu'on fait à l'envers de la manière dont on va dans le schéma. Ensuite on a la distance qui se trouve sur mon dessin à gauche de la lentille, mais en fait c'est celle de droite.

notes

résumé

46m 28s



fert (II)

(le changement de direction n'est pas

$$\begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ +\frac{1}{f} & 1 \end{pmatrix} \quad (1.13)$$

auteur reste la même, l'angle diminue

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 \\ -\frac{1}{f} & 1 \end{pmatrix} \quad (1.14)$$

1.6.4 Exemple de calcul

- Une lentille convergente de focale
- Un point objet P en $(4, 1.5)$ à gauche
- Chercher P' image de P qui est à
- caractéristiques
- Construire la matrice de transfert

$$M \begin{pmatrix} 1.5 \\ \theta \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & x \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ -\frac{1}{2} & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix}$$

- Instancier pour deux angles $\theta \in (0$
- On obtient 2 expressions à égale

$$\frac{3}{2} - \frac{3}{4}x = -\frac{3}{8}x \Rightarrow$$

Vous pouvez le voir, je n'ai peut-être pas insisté assez,

notes

résumé

47m 36s



1.6.3 Matrice de transfert (II)

- Réflexion par un miroir sphérique (le changement de direction n'est pas pris en compte):

* $f > 0$

$$M = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ -\frac{2}{R} & 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ +\frac{1}{f} & 1 \end{pmatrix} \quad (1.13)$$

- Passage d'une lentille mince: la hauteur reste la même, l'angle diminue par $\frac{1}{f}$:

$$M = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ -\frac{1}{f} & 1 \end{pmatrix} \quad (1.14)$$

mais quand j'ai présenté ici, vous voyez, il faut être attentif au fait qu'on va dans ce sens-là. Donc

notes

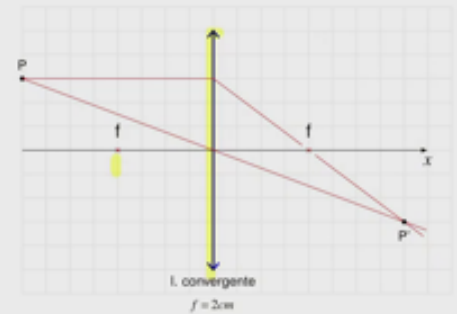
résumé

47m 37s



1.6.4 Exemple de calcul avec une matrice de transfert

- Une lentille convergente de focale $f = 2\text{cm}$
- Un point objet P en $(4, 1.5)$ à gauche
- Chercher P' image de P qui est à l'intersection de 2 rayons caractéristiques
- Construire la matrice de transfert : translation + lentille + translation



$$M \begin{pmatrix} 1.5 \\ \theta \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & x \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ -\frac{1}{2} & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 4 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1.5 \\ \theta \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 - \frac{x}{2} & 4 - x \\ -\frac{1}{2} & -1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1.5 \\ \theta \end{pmatrix}$$

- Instancier pour deux angles $\theta \in \{0, -\frac{1.5}{4}\}$
- On obtient 2 expressions à évaluer pour la hauteur de l'image y

$$\frac{3}{2} - \frac{3}{4}x = -\frac{3}{8}x \Rightarrow x = 4, y = -1.5$$

la distance entre la lentille et l'objet, c'est donc 1 sur la diagonale et la distance dans le coin supérieur droit. Donc ça fait le 4 ici. Et puis les rayons qui vont passer par le point P, les rayons qui m'intéressent à prédire, c'est ceux qui passent par le point P, donc ils sont à une hauteur de 1.5, puis je ne sais pas encore exactement quelle est l'urange, je ne sais pas si je vais considérer ça pour celui qui est horizontal, celui qui est en direction de la focale, celui qui passe en direction du centre optique. Donc j'ai représenté ce rayon par un vecteur. En point 5, la hauteur, et j'ai laissé comme une variable son angle. Et puis de l'autre côté, j'ai une distance X, je ne sais pas à quelle distance je vais observer mon phénomène. Donc j'ai 1 en diagonale, 1 en gros dans le nombre affaireur, et puis mon inconnu X, qui est la distance à laquelle je vais observer les choses. Donc je peux faire ce calcul

notes

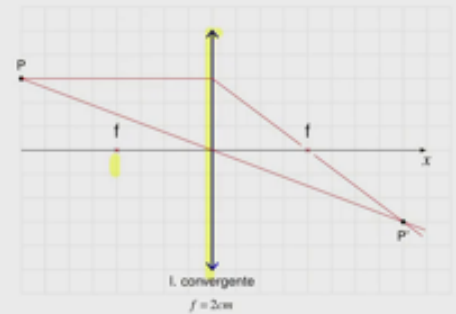
résumé

47m 51s



1.6.4 Exemple de calcul avec une matrice de transfert

- Une lentille convergente de focale $f = 2\text{cm}$
- Un point objet P en $(4, 1.5)$ à gauche
- Chercher P' image de P qui est à l'intersection de 2 rayons caractéristiques
- Construire la matrice de transfert : translation + lentille + translation



$$M \begin{pmatrix} 1.5 \\ \theta \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & x \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ -\frac{1}{2} & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 4 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1.5 \\ \theta \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 - \frac{x}{2} & 4 - x \\ -\frac{1}{2} & -1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1.5 \\ \theta \end{pmatrix}$$

- Instancier pour deux angles $\theta \in \{0, -\frac{1.5}{4}\}$
- On obtient 2 expressions à évaluer pour la hauteur de l'image y

$$\frac{3}{2} - \frac{3}{4}x = -\frac{3}{8}x \Rightarrow x = 4, y = -1.5$$

matriciel, ça se fait aussi dans ce sens-là. Et puis ça va me donner un système d'équation. Vous allez avoir $1 - X$ sur 2×1.5 plus $\theta \times x$, ça va vous donner une équation, et puis sur l'autre, vous aurez moins 1.5×1.5 et moins θ . Alors on peut essayer de voir ce qu'on obtient pour 2 des angles, comme on ferait sur le dessin. Donc on peut prendre un angle 0, ça veut dire un rayon horizontal et puis je peux prendre un angle qui va passer par le rayon optique, et à ce moment-là, comme angle θ , vous pouvez prendre sa tangente, donc ça veut dire que vous pouvez prendre moins 1.5 par 4, parce que vous voyez que je vais descendre, j'étais à la hauteur en point 5, je vais arriver à 0, donc ça fait moins 1.5, et puis la longueur du triangle, enfin le côté adjacent, triangle, c'est égal à 4. Et ça, ça va me permettre de trouver ma position et mon angle, si je résoud ces 2 équations, et j'arriverai au fait que j'ai une image qui se trouve à moins 1.5 de hauteur et qui se trouve à moins 3, 8e de distance. Voilà comment on peut utiliser. Si vous faites les calculs pour vous amuser à... peut-être Excel, c'est un outil que vous connaissez, vous êtes juste un petit peu embêté pour faire les matrices, vous avez des produits matriciels sur Excel, si vous essayez, puis que vous en soyez pas, vous pouvez vous écrivez un petit mot, puis je vous explique comment on fait, mais c'est-à-dire que quand on fait ces fonctions matricielles sur Excel, il ne faut pas oublier à la fin de faire Shift, Control, Enter, c'est un petit peu compliqué, mais on trouve à

notes

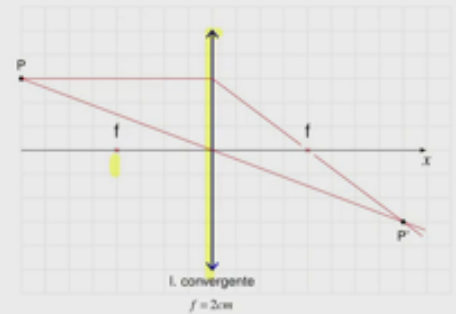
résumé

49m 25s



1.6.4 Exemple de calcul avec une matrice de transfert

- Une lentille convergente de focale $f = 2\text{cm}$
- Un point objet P en $(4, 1.5)$ à gauche
- Chercher P' image de P qui est à l'intersection de 2 rayons caractéristiques
- Construire la matrice de transfert : translation + lentille + translation



$$M \begin{pmatrix} 1.5 \\ \theta \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & x \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ -\frac{1}{2} & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 4 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1.5 \\ \theta \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 - \frac{x}{2} & 4 - x \\ -\frac{1}{2} & -1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1.5 \\ \theta \end{pmatrix}$$

- Instancier pour deux angles $\theta \in \{0, -\frac{1.5}{4}\}$
- On obtient 2 expressions à évaluer pour la hauteur de l'image y

$$\frac{3}{2} - \frac{3}{4}x = -\frac{3}{8}x \Rightarrow x = 4, y = -1.5$$

la fin comment faire ça sur Excel. Si vous essayez de faire les calculs, quoi que ce soit comme problème, sur l'outil que vous utilisez, on peut aussi les faire à la main, ça prend un peu de temps. Vous en faites pas, je ne vous ferai pas un système avec d'attente, à l'examen. Par contre, les autres années, il y a chaque fois eu de la même manière, aussi avec ça, j'essaie de vous faire des questions simples. Mon but c'est que vous compreniez que dans ces systèmes optiques, on est capable de faire des dessins, on a différents types de dessins pour qu'on ait capable de faire des calculs, et c'est ça que je voulais vous montrer.

notes

résumé

1.7 Quelques systèmes optiques courants

Maintenant, dans le temps qui reste, je voulais parler d'un certain nombre de systèmes optiques courants. Alors le premier système optique

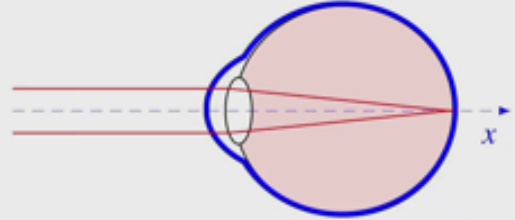
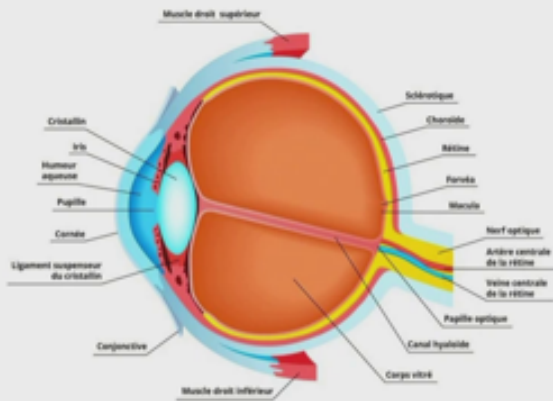
notes

résumé

52m 54s



1.7.1 L'œil



hyper courant, vous en avez tous deux, moi j'espère peut-être que désolé si ce n'est pas le cas pour chacun, mais en général au début, on en avait tous deux. C'est l'œil. Alors l'œil, c'est un système optique, ce n'est pas qu'un système optique, il y a aussi tout un système nerveux, et puis une analyse de ce qu'on voit, mais principalement

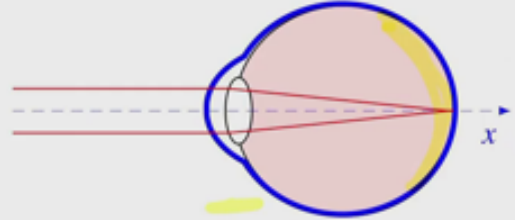
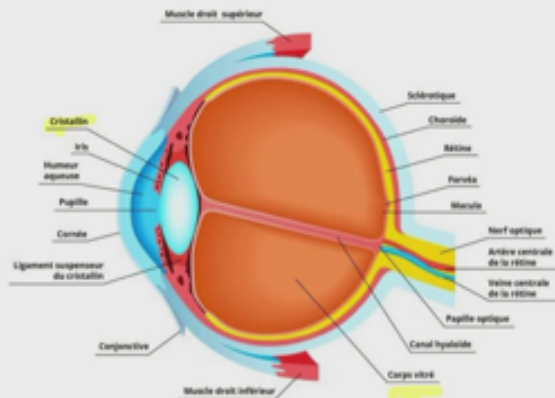
notes

résumé

53m 7s



1.7.1 L'œil



Jean-Marie Fürbringer - EPFL

Physique Générale II

February 27, 2025

28 / 1

c'est une lentille et puis un écran. Donc l'œil est fait d'une corneille qui est en bleu, un éruptique. Ah oui, on a encore autre chose dans l'œil, c'est l'iris, qui sert de diaphragme. Donc c'est aussi un système relativement important pour adapter notre vie, on est capable d'adapter ça. Ça nous permet d'adapter la quantité de lumière qui rentre en photographie, c'est la même chose, de diaphragme, il sert aussi à ça. Plus le diaphragme est ouvert, plus on peut rentrer de lumière, connaissez l'histoire des chats qui arrivent à avoir, pendant la nuit, un diaphragme très ouvert, ça leur permet de voir bien mieux que nous dans la nuit. Et puis, je ne sais pas forcément essentiel, mais il y a un certain nombre d'autres éléments. Donc la lentille c'est le cristallin. On a une corneille qui nous protège principalement, qui tient le système mais qui n'a pas ma connaissance de fonctions optiques importantes. Puis ensuite on a une un corps, ça s'appelle le corps vitré, c'est un espace. Et puis là, les rayons vont pouvoir traverser et puis on a donc l'image qui va pouvoir... Donc c'est une image réelle ou virtuelle ? Réelle, puisqu'elle est sur un écran. Donc ce qui veut dire que je ne peux pas voir les choses ça va me trouver plus loin que mon point focal. Je ne peux pas voir mon point focal et mon ayant. Suivant dans quelle situation, je ne sais pas si vous avez observé ça, on arrive un peu à voir des petites imperfections sur la surface de notre œil quand on est un peu à contre-jour, qu'il n'y a pas trop de lumière, on peut voir un peu ce qui se passe à la surface de notre corneille. On arrive à avoir des choses mais

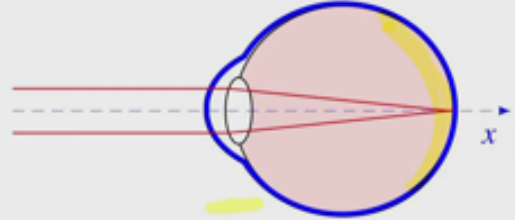
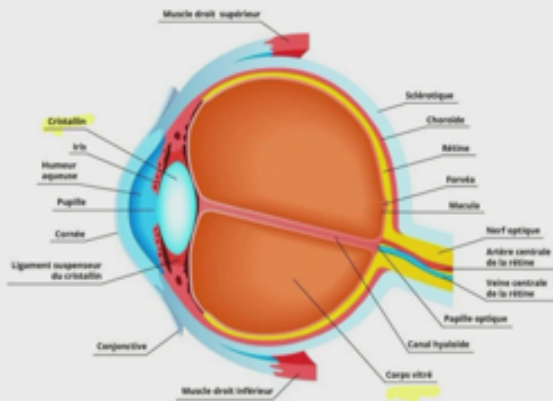
notes

résumé

53m 34s



1.7.1 L'oeil



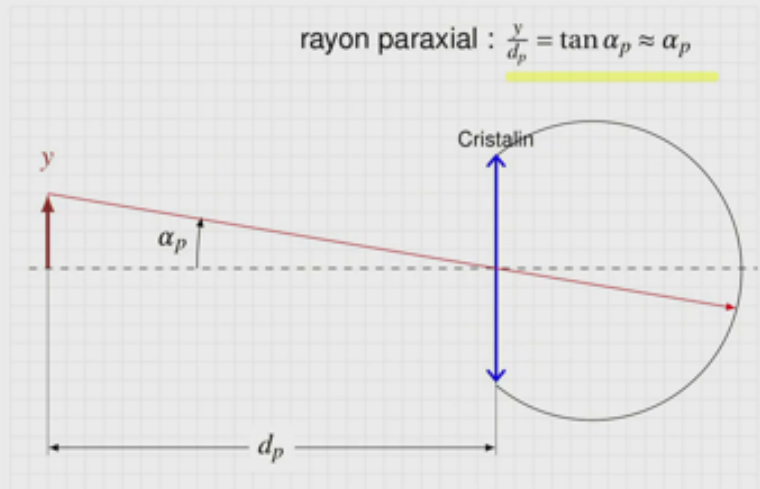
je ne suis pas trop sûr de ce qu'on... Ce que c'est qu'on voit par rapport à quelle est la réalité, mais il me semble qu'on doit voir un petit peu, si on a des petites fibres, etc. qui sont sur la surface de notre corneille, on arrive un peu à avoir quelque chose. Donc voilà un premier système et donc ça veut dire que des points qui sont lointains, c'est ce qu'on a représenté avec les rayons parallèles point qui sont lointains, on arrivera à les focaliser. On a des rayons parallèles qui vont arriver à focaliser. Et puis après, on va adapter, on va compresser notre cristallin pour le déformer pour pouvoir voir des choses qui sont un peu plus près. Puis après vient toute l'analyse des oftalmologues qui vous expliquent pourquoi vous voyez comme ci, comme ça et que j'ai des lunettes, donc ma vue est loin d'être parfaite. Je vais dire, ça va. Il y a quoi, la moitié, peut-être comme ça, peut-être moins de la moitié de gens aussi quand on a des lunettes. Je ne sais pas ceux qu'on aurait besoin d'un point de vue qui ne les mette pas. Mais donc on est tout à fait capable de corriger un petit peu les défauts optiques de notre système.

notes

résumé

1.7.2 Punctum proximum

- C'est la distance la plus proche à laquelle un objet est net pour une personne donnée
- Le *punctum proximum* (PP) est situé à moins de 25 cm du cristallin



Il y a un élément intéressant dans l'œil qui s'appelle le Pung-Tung Proximum. Ça veut dire, c'est le point le plus près, c'est du latin. Ça fait toujours bien, très culte de sortir un molatin. Donc ça veut dire, le point le plus près que vous pouvez voir, donc c'est la limite à laquelle vous pouvez voir net quelque chose. Quand c'est plus près, vous ne pouvez pas le voir net. Je ne sais pas si vous connaissez votre grand-baba grand-maman, mais déjà vos parents, non, je n'ai pas les bras assez courts, quand on vieillit, on a tendance à avoir ce Pung-Tung Proximum très loin et puis il faut pouvoir éloigner les choses pour les voir mieux. Donc c'est la distance la plus proche à laquelle un objet est net pour une personne donnée, voilà, pour une personne normale en général, c'est environ 25 cm sur les dessins souvent. Et ça a une certaine importance pour régler par exemple un microscope. Ça va être une certaine importante, c'est-à-dire que l'image, on doit la préparer pour qu'elle soit plus proche, vous puissiez l'avoir net avec votre œil en fonction de l'image virtuelle que va vous vous proposer votre microscope. Et puis dans le cadre de Pung-Tung Proximum, il y a donc la distance, j'ai appelé D_p , et puis alors suivant la taille de l'objet, on va voir un certain angle, c'est-à-dire qu'on va voir un objet sur un certain angle. Donc s'il est plus loin et plus grand, ça va faire la même chose, mais donc on va décrire la distance d'épée, et on va aussi décrire l'angle α_p , qui est l'angle pour lequel vous pouvez voir cet objet. Et puis comme on travaille avec des rayons par action, on a toujours cette simplification pensais-y si ça peut arriver une

notes

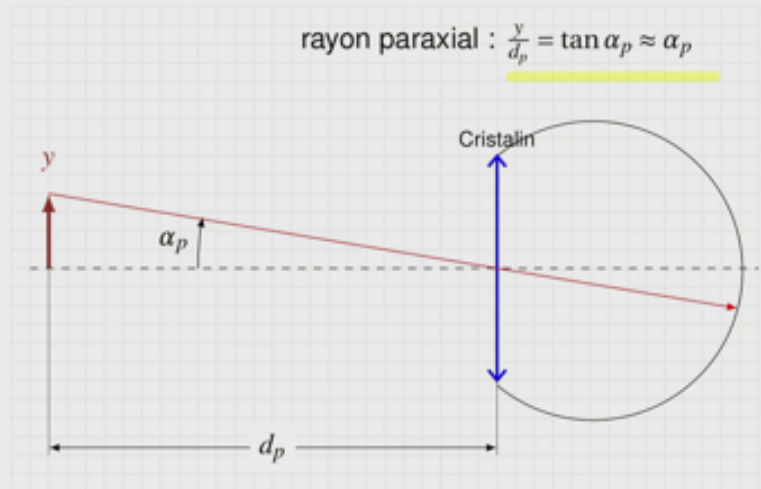
résumé

57m 3s



1.7.2 Punctum proximum

- C'est la distance la plus proche à laquelle un objet est net pour une personne donnée
- Le *punctum proximum* (PP) est situé à moins de 25 cm du cristallin



fois dans un des problèmes, etc. Par accès à l'angle, on peut utiliser la simplification des angles tangente α_p , et $\sin \alpha_p \approx \alpha_p$, et $\tan \alpha_p \approx \alpha_p$.

notes

résumé

1.7.3 Loupe et grossissement

- Le grossissement G_A est le rapport entre la grandeur de l'image sur la rétine lorsque l'objet est observé avec un instrument et lorsqu'il est observé à nu au *punctum proximum*.
- La taille d'une image sur la rétine est proportionnel à l'angle sous lequel l'objet est vu:

$$G_A = \frac{\alpha}{\alpha_p} \quad (1.15)$$

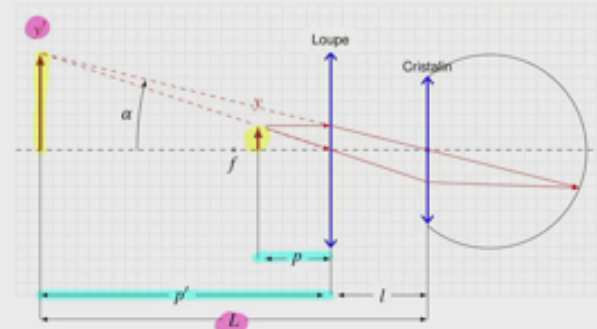
- Comme les rayons considérés sont paraxiaux

$$G_A = \frac{y/d_p}{y/L} = \frac{p'/d_p}{p/L} \quad (1.16)$$

- si l'objet est placé en f , l'image est à l'infini:

$$\lim_{p \rightarrow f} \frac{p'}{L} = 1 \Rightarrow \lim_{p \rightarrow f} G_A = \frac{d_p}{f} \quad (1.17)$$

- Les aberrations font que pour une loupe, G_A est entre 2 et 3.
- Avec combinaison de lentilles, entre 10 et 20.



Donc par rapport à la loupe, cette Pung-Tung Proximum a une certaine importance. Donc la loupe, ça veut dire, c'est aussi les lunettes, nos lunettes, c'est-à-dire les défauts qu'on a, si on est miope, ou si on n'est pas miope, donc quand on est miope, on aura besoin plutôt d'une loupe pour voir, puis quand on est astigmat, on a plutôt besoin d'avoir un rayon divergent. Je ne suis pas non plus sûr, mais vérifiez. Donc voyez le schéma optique, vous avez l'œil, le cristallin qui est représenté comme une lentille, et puis devant, vous avez une loupe, vous avez des distances, donc il y a une distance qui est importante, c'est la distance entre la loupe et votre œil, quand vous avez déjà repéré, c'est ça qui est des fois troublant, parce qu'en général, en fait, il faudrait bouger soi-même pour mieux voir avec la loupe, et en fait, on bouge la loupe, parce que c'est le plus pratique. Puis on a la distance de la loupe à l'objet, qui est représentée par la distance P , et puis on a des angles sous lesquels on voit les choses, et puis donc, l'idée de la loupe, c'est de vous vous avez une image virtuelle qui va se retrouver virtuellement plus loin que vous voyez, donc vous allez le voir plus grand avec un plus grand angle. Donc là, vous voyez l'élément, vous voyez, mon objet, c'est la petite flèche rouge. Ça, c'est mon objet. Mon image elle est ici. Et vous voyez que ce que ça fait c'est que ça va augmenter l'angle sous lequel vous voyez l'objet. Donc ça veut dire que dans votre étine il y aura une plus grande surface de votre étine qui va voir l'objet, donc vous avez plus de pixels si vous voulez qui

notes

résumé

59m 27s



1.7.3 Loupe et grossissement

- Le grossissement G_A est le rapport entre la grandeur de l'image sur la rétine lorsque l'objet est observé avec un instrument et lorsqu'il est observé à nu au *punctum proximum*.
- La taille d'une image sur la rétine est proportionnel à l'angle sous lequel l'objet est vu:

$$G_A = \frac{\alpha}{\alpha_p} \quad (1.15)$$

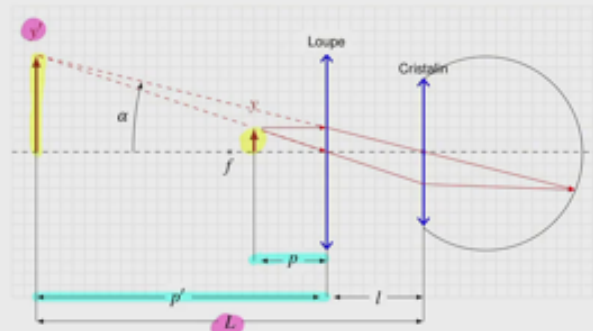
- Comme les rayons considérés sont paraxiaux

$$G_A = \frac{y/d_p}{y/L} = \frac{p'/d_p}{p/L} \quad (1.16)$$

- si l'objet est placé en f , l'image est à l'infini:

$$\lim_{p \rightarrow f} \frac{p'}{L} = 1 \Rightarrow \lim_{p \rightarrow f} G_A = \frac{d_p}{f} \quad (1.17)$$

- Les aberrations font que pour une loupe, G_A est entre 2 et 3.
- Avec combinaison de lentilles, entre 10 et 20.



vont vous révéler votre objet. C'est pour ça que vous voyez plus grand. Donc le grandissement de votre loupe non, le grossissement, c'est ça, il faut faire attention au terme, le grandissement c'était avant quand on regardait la hauteur de l'image par rapport à la hauteur de l'objet. Là maintenant on regarde l'angle sous lequel. Donc grossissement ça fait partie aux angles, grandissement ça fait sur les hauteurs. Le terme c'est grossissement. Donc le grossissement à laquelle la loupe vous permet de voir les choses, c'est le rapport entre les deux angles. Alors, l'angle de référence c'est ce que vous pourriez voir sans loupe. Donc c'est pour ça que c'est l'angle qui vient du *punctum proximum*. C'est ce que vous pourriez voir, vous pourriez pas l'approcher plus, parce qu'après vous voyez pas la netteté, donc vous êtes un minimum de distance, puis là vous avez suivant ce que vous êtes en train de regarder, vous avez un certain angle de vision, α_p . Et puis avec votre loupe vous voyez que j'arrive à augmenter cet angle-là et ce qu'on appelle grossissement, c'est le rapport de ces deux angles. Deux fois, trois fois, quatre fois, c'est un rapport donc c'est un foie. Donc comment est-ce qu'on peut le calculer ? Si vous reprenez la figure géométrique, vous pouvez voir que vous avez je vais les mettre en couleur, alors je vais les mettre ici. Vous avez d'un côté, d'un côté donc vous avez les angles. Alors de nouveau, on utilise comme ces angles petits, on peut utiliser l'approximation paraxiale. Donc ça veut dire que α , je vais le mettre en rouge, c'est égal au rapport entre y' et L , qui sont ici y' et L . Divisé par α_p le prox... *punctum proximum* et lui dans ce cas-là il sera

notes

résumé

1.7.3 Loupe et grossissement

- Le grossissement G_A est le rapport entre la grandeur de l'image sur la rétine lorsque l'objet est observé avec un instrument et lorsqu'il est observé à nu au *punctum proximum*.
- La taille d'une image sur la rétine est proportionnel à l'angle sous lequel l'objet est vu:

$$G_A = \frac{\alpha}{\alpha_p} \quad (1.15)$$

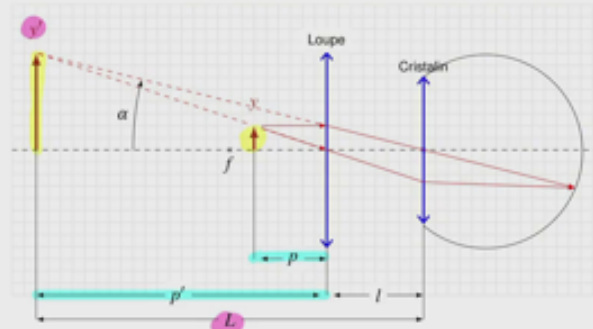
- Comme les rayons considérés sont paraxiaux

$$G_A = \frac{y/d_p}{y/L} = \frac{p'/d_p}{p/L} \quad (1.16)$$

- si l'objet est placé en f , l'image est à l'infini:

$$\lim_{p \rightarrow f} \frac{p'}{L} = 1 \Rightarrow \lim_{p \rightarrow f} G_A = \frac{d_p}{f} \quad (1.17)$$

- Les aberrations font que pour une loupe, G_A est entre 2 et 3.
- Avec combinaison de lentilles, entre 10 et 20.



égal à la taille, j'ai changé de couleur tak Y fois dp que je n'ai pas représenté, mais ça va être la distance de votre proxum, proximum. Donc a priori, ce qui est un peu bizarre là-dedans, c'est que ça devrait dépendre de chaque personne, puisque le proxum proximum, il est propre à chacun, mais là, quand on parle d'une loupe, en général on parle d'une personne moyenne, donc on va considérer la situation de 25 centimètres. Et puis on peut remplacer le rapport Y prime Y, qui était lié au grandissement par le rapport entre P prime et P. Donc on peut avoir notre grossissement qui est égal à l'autre, donc j'ai essayé de prendre le bleu. Donc on a P prime donc c'est cette distance là P c'est cette distance là Et puis on a L Elle est représentée c'est cette distance là Et puis le dp il n'est pas représenté sur le dessin ça va peut-être la distance du PungTong Proximum. Je vous mets au défi de ressortir ça par coeur sans le dessin, c'est impossible sans le dessin donc c'est clair que je vous explique comment ça marche mais je m'attends pas de vous que je prends une feuille de papier et vous dessinez tout ça Mais je vais passer un peu de temps pour essayer de le comprendre, ça peut être enfin je ne sais même pas si moi même j'y arriverais mais je peux, si je vous mets au défi je devrais me mettre moi-même au défi si on refait le dessin facilement sans z Et puis si on met un objet sur la focale alors ça simplifie un petit peu on a une image qui est à l'infini et donc ça veut dire que le rapport de P-suel vaut 1 et donc ça

notes

résumé

1.7.3 Loupe et grossissement

- Le grossissement G_A est le rapport entre la grandeur de l'image sur la rétine lorsque l'objet est observé avec un instrument et lorsqu'il est observé à nu au *punctum proximum*.
- La taille d'une image sur la rétine est proportionnel à l'angle sous lequel l'objet est vu:

$$G_A = \frac{\alpha}{\alpha_p} \quad (1.15)$$

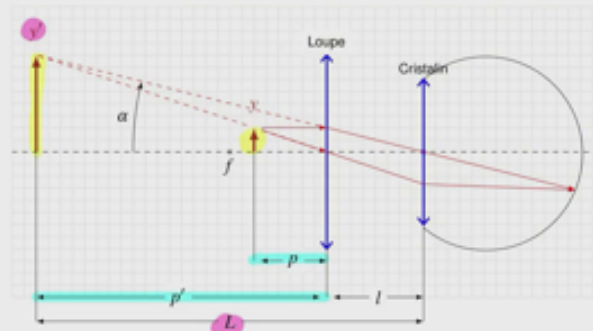
- Comme les rayons considérés sont paraxiaux

$$G_A = \frac{y/d_p}{y/L} = \frac{p'/d_p}{p/L} \quad (1.16)$$

- si l'objet est placé en f , l'image est à l'infini:

$$\lim_{p \rightarrow f} \frac{p'}{L} = 1 \Rightarrow \lim_{p \rightarrow f} G_A = \frac{d_p}{f} \quad (1.17)$$

- Les aberrations font que pour une loupe, G_A est entre 2 et 3.
- Avec combinaison de lentilles, entre 10 et 20.



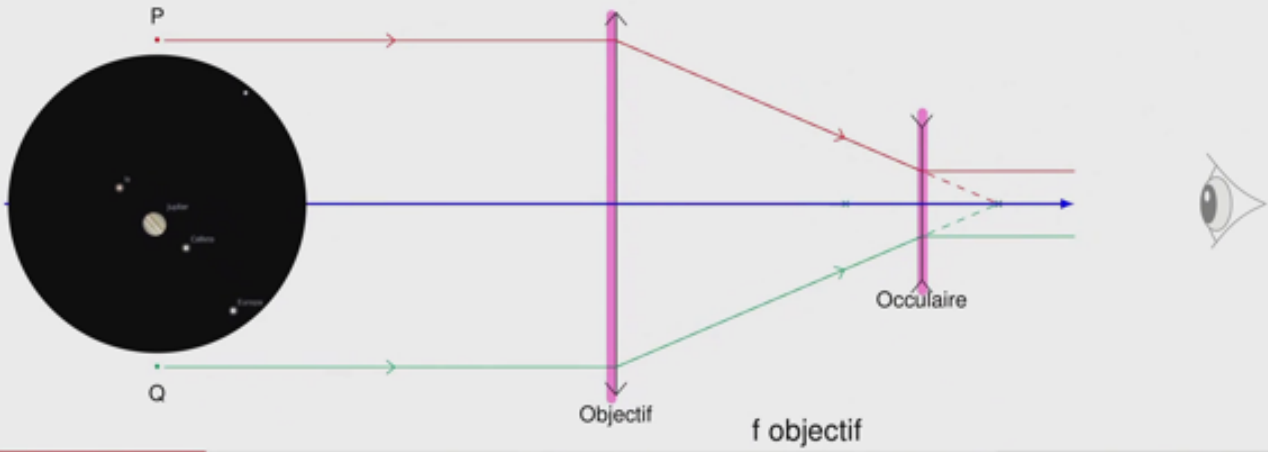
veut dire que le grossissement du pontoon proximum divisé par la focale non pas de mon oeil mais la focale de mon de mon de ma loupe voilà comment fonctionne alors on peut pas faire des loops de n'importe quel taille en général avec les loops de 2 à 3 fois si on fait un ensemble de lentilles des loops plus compliqués après je ne serais pas vous expliquer moi la différence qui est exactement entre une loupe et un microscope probablement c'est le type de lentilles que vous combinez mais on arrive à avoir des choses qu'on appelle des loops qui peuvent grandir entre 10 fois et 20 fois mais la loupe, la loupe de bureau la loupe de grand papa de grand maman typiquement elle grandit son 2-3 fois si trouvez en une à la maison et entraînez-vous maintenant que vous avez connu comment ça fonctionne vous allez voir vous arrivez mieux à fonctionner avec la loupe parce que général que vous en prenez une loupe on essaye on trouve finalement le mieux mais essayez de voir vous avez donc la focale et donc c'est en mettant l'objet sur la focale que vous avez probablement la meilleure vision de l'objet dans le développement

notes

résumé

1.7.4 Lunette astronomique de Galilée

Lunette astronomique de Galilée
Constitué d'une lentille convergente et d'une lentille divergente



et je comprends pas pour

notes

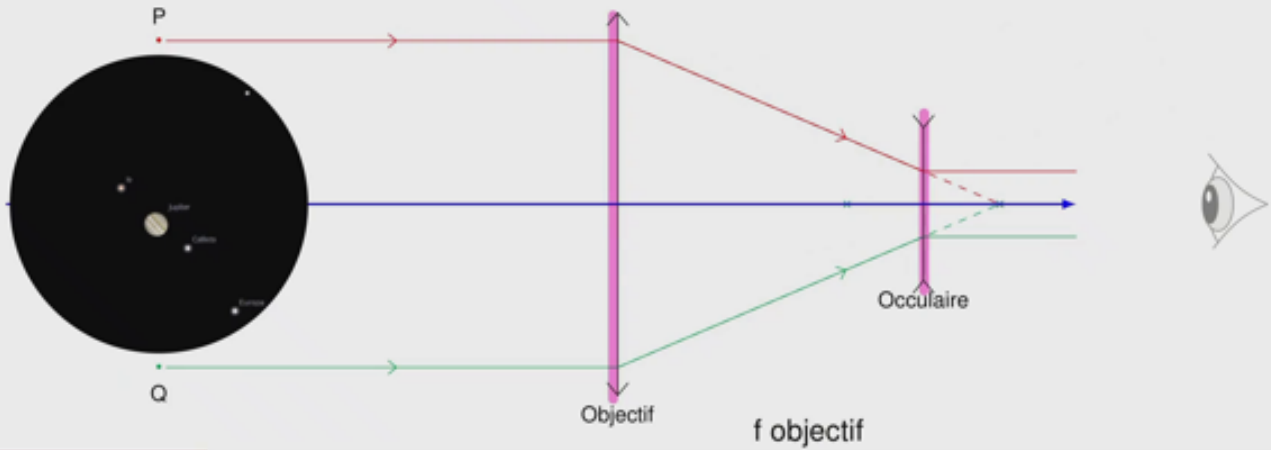
résumé

70m 12s



1.7.4 Lunette astronomique de Galilée

Lunette astronomique de Galilée
Constitué d'une lentille convergente et d'une lentille divergente



Jean-Marie Fürbringer - EPFL

Physique Générale II

February 27, 2025

31 / 1

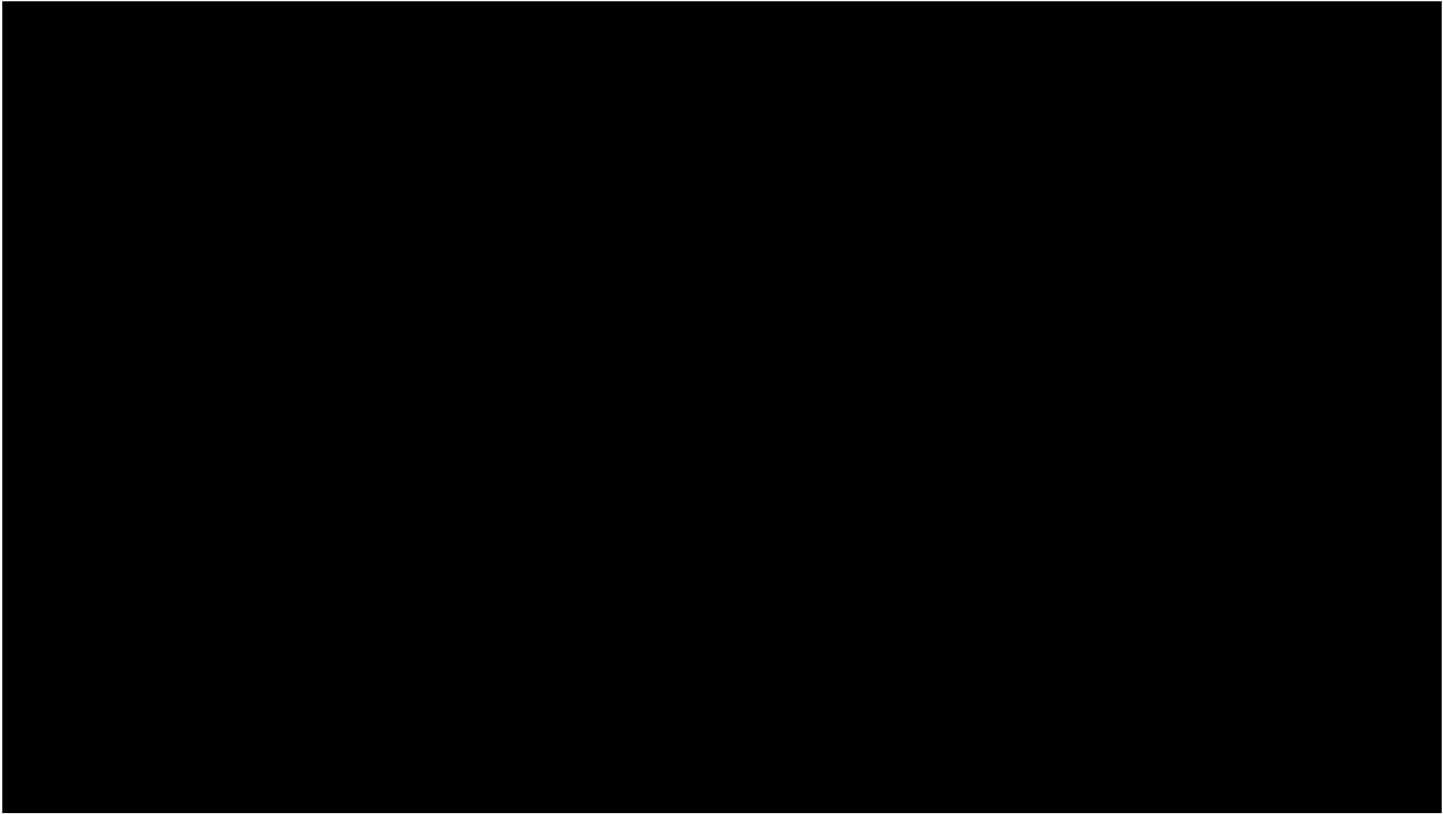
quoi parce que vous avez des slides et mieux, les meilleurs slides que moi, donc vous avez plus d'informations sur vos slides parce que j'ai été regarder les limites qu'est-ce que j'ai fait j'ai oublié ou est-ce que je suis l'ocean d'optique Jupiter, l'ocean d'optique

notes

résumé

70m 14s





Normalement, je sais pas ce que j'ai fait, alors j'ai chargé les...

notes

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

résumé

70m 52s



.....

.....

.....

.....

.....

Physique Générale II

Optique - Leçon 2

Jean-Marie Fürbringer - EPFL

March 10, 2025

Jean-Marie Fürbringer - EPFL

Physique Générale II

March 10, 2025

1 / 43

Donc je vous ai juste rajouté les chiffres qui sont en bas normalement.

notes

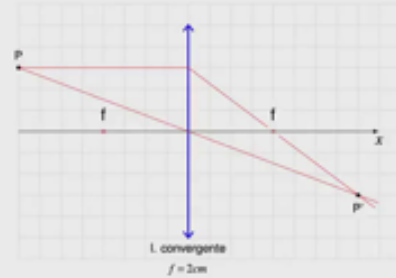
résumé

71m 9s



1.6.4 Exemple de calcul avec une matrice de transfert

- Une lentille convergente de focale $f = 2\text{cm}$
- Un point objet P en $(4, 1.5)$ à gauche
- Chercher P' image de P qui est à l'intersection de 2 rayons caractéristiques
- Construire la matrice de transfert : translation + lentille + translation



$$M \begin{pmatrix} 1.5 \\ \theta \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & x \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ -\frac{1}{2} & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 4 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1.5 \\ \theta \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 - \frac{x}{2} & 4 - x \\ -\frac{1}{2} & -1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1.5 \\ \theta \end{pmatrix}$$

- Instancier pour deux angles $\theta \in \{0, -\frac{1.5}{4}\}$
- On obtient 2 expressions à évaluer pour la hauteur de l'image y

$$\frac{3}{2} - \frac{3}{4}x = -\frac{3}{8}x \Rightarrow x = 4, y = -1.5$$

Si je n'ai pas encore actualisé, je me suis trompé, je vais les actualiser.

notes

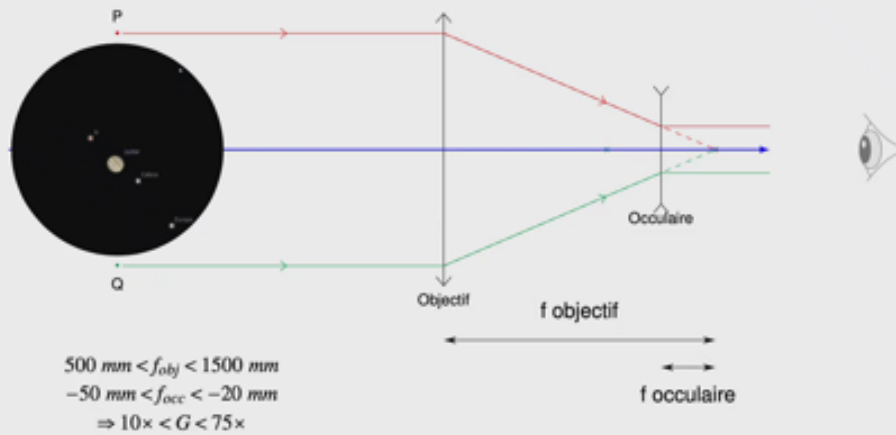
résumé

71m 21s



1.7.4 Lunette astronomique de Galilée

Lunette astronomique de Galilée
Constituée d'une lentille convergente et d'une lentille divergente



Donc vous pouvez prendre note, mais vous pouvez aussi attendre d'avoir les slides corrects. Donc en général, ce type de situation, on arrive à avoir des... Donc on a toujours deux lentilles, une celle qui est proche de l'oeil, on l'appelle, oculaire, je crois que c'est avec un seul C. Je vais toujours mettre deux C, mais je crois que c'est avec un seul C en français. Et puis l'objectif. Et puis, donc vous avez là un peu les focales qu'on arrive à obtenir. C'est un petit peu les focales limites. Pour l'objectif, on est entre 500 mm, donc ça veut dire 50 cm et 150 cm. C'est un petit peu la longueur des focales qu'on a dans ces systèmes-là. Et puis pour l'oculaire, on est divergent, donc la focale est négative, donc on est entre moins 50 et moins 10. Donc on arrive à des agrandissements avec des lunettes qui sont comme ça, qui sont entre 10 et 75 fois. On est un peu limité, je ne vais pas rentrer trop dans les détails, mais on est vite limité à cause des aberrations sphériques et chromatiques qui n'arrivent pas à augmenter les choses pour grandir les choses. Vous avez devant vous la caméra 7, un système comme ça. Donc on a ici une lentille convergente, on a ici un petit objectif.

notes

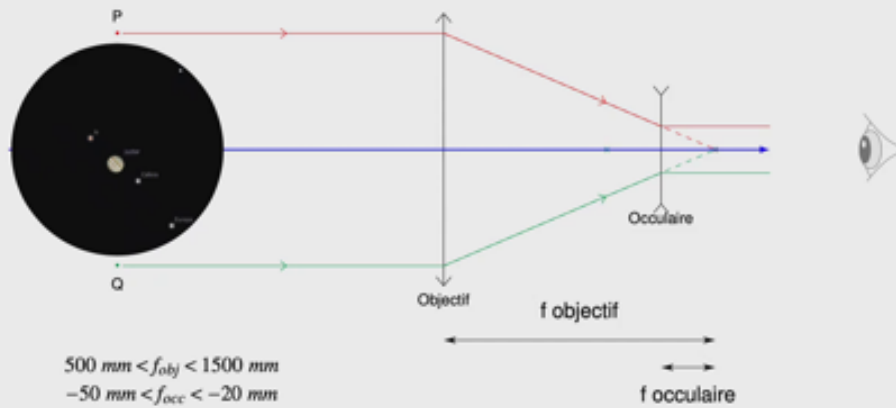
résumé

71m 26s



1.7.4 Lunette astronomique de Galilée

Lunette astronomique de Galilée
Constituée d'une lentille convergente et d'une lentille divergente



Et on a sur l'autre partie de la scène un petit réticule. C'est un tout petit point. Voilà, je vais chercher mes pantalons. Parfait, vous savez toute ma vie maintenant. J'espère que ça va s'arrêter là. Je reviens, je vous ramène au cours. Donc là ici, vous pouvez venir voir après, c'est un tout petit point, c'est un réticule dont vous voyez l'image sur l'écran. Et j'arrive à le voir à cette distance là avec une focale ici qui est d'environ 800 mm. Et puis ici on a une autre focale divergente un petit peu plus petite. Ce que vous pouvez voir sur l'image, c'est que vous voyez, on l'a fait avec des lignes. Et quand vous allez à l'extérieur, on commence à voir de moins en moins. On pourrait éventuellement jouer avec un diaphragme. Mais au bout d'un moment, on verra plus rien. Ça va devenir de plus en plus flou. Parce que dans tous ces systèmes, vous voyez que la frontière, la marge, vient de plus en plus flou. Vous voyez, j'ai l'âge en train d'augmenter le diaphragme. Donc, tous les systèmes, ils ont leur limite. Et c'est ça qui est présenté dans ces trois équations. On arrive... C'est joli les équations. Mais après, il faut réaliser les choses. On n'arrive pas toujours à les réaliser entièrement.

notes

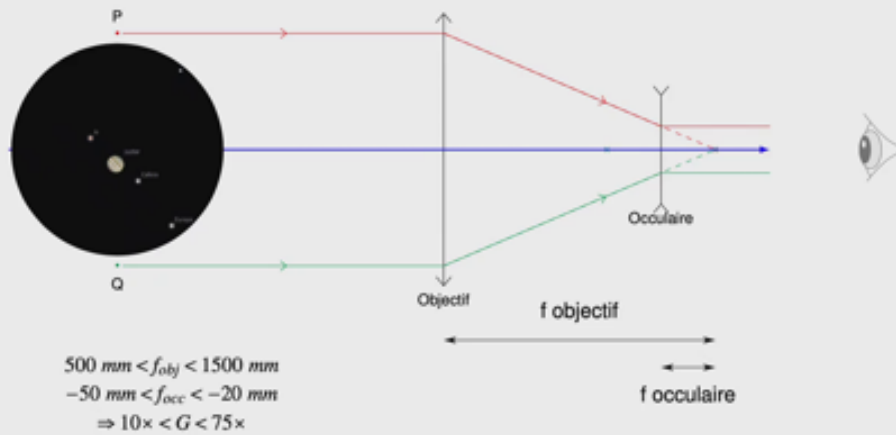
résumé

73m 33s



1.7.4 Lunette astronomique de Galilée

Lunette astronomique de Galilée
Constituée d'une lentille convergente et d'une lentille divergente



Il y a un autre lunette, donc en même temps, quasiment dans la même période,

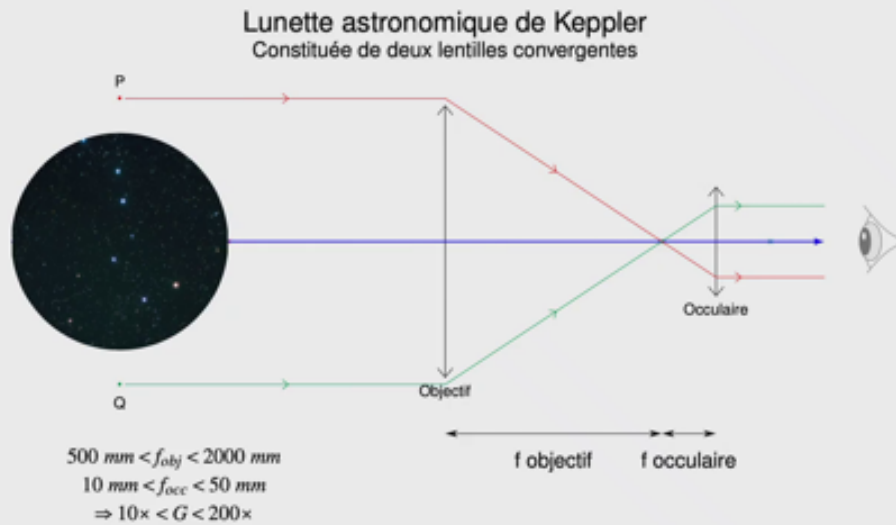
notes

résumé

75m 12s



1.7.5 Lunette astronomique de Kepler



un autre physicien très important qui est clair, qui lui vivait au nord, à Prague. Lui, il avait étudié l'optique. Contrairement, il a écrit un livre d'optique, un des premiers livres d'optique assez complets. Et lui, il a eu l'idée de travailler non pas avec une lentille convergente et une divergente. Il a eu l'idée de travailler avec deux lentilles convergentes. Alors, c'est un petit peu embêtant parce que l'image est inversée. Donc, si c'est pour regarder votre voisin, regarder les alpinistes qui montent sous la montagne, c'est un peu bizarre, parce qu'il vous allait les voir tête en bas. Mais en fait, pour regarder les étoiles, finalement, ça ne change pas grand chose de les regarder droites ou pas droites. Elles n'ont pas de bras, elles n'ont pas de pieds, donc c'est pas grave si vous les regardez. Dans un sens, c'est dans l'autre sens. Et là, on arrive un petit peu à des plus grands agrandissements. Là, vous voyez qu'on est entre 500 mm et 2000 mm, donc 2 mètres pour la focale de l'objectif et puis 110 mm et 50 mm pour le loculaire. Et on arrive à faire des agrandissements un petit peu supérieurs de l'ordre, jusqu'à 200 on arrive. Ça marche un peu mieux. D'autres choses, elle est aussi mieux au niveau des aberrations chromatiques. J'ai quasiment pas parlé de ça, mais vous comprenez les termes. Ça veut dire que les rayons de différentes lumières vont se comporter différemment. Et au lieu d'avoir une image cohérente, vous avez à voir le rouge qui va se déplacer dans une direction, le violet qui va aller dans l'autre direction, donc c'est pour éviter ça. Donc, vu qu'elle est meilleure chromatiquement, c'était intéressant pour observer les étoiles dans lesquelles observer la couleur des étoiles était quelque chose d'essentiel,

notes

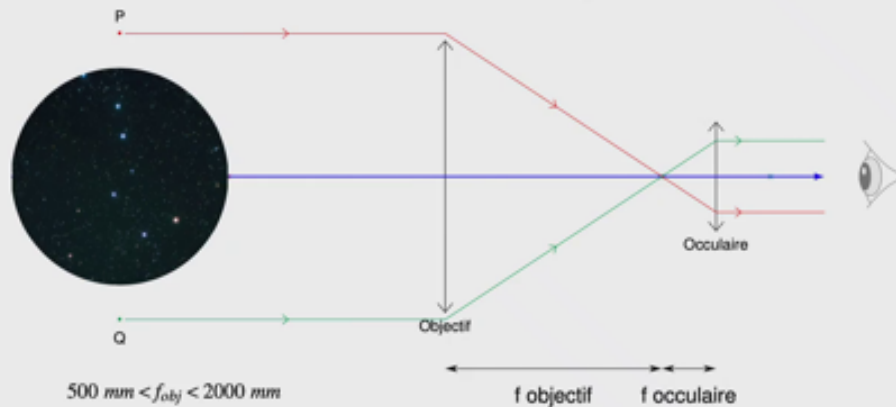
résumé

75m 13s



1.7.5 Lunette astronomique de Kepler

Lunette astronomique de Kepler
Constituée de deux lentilles convergentes



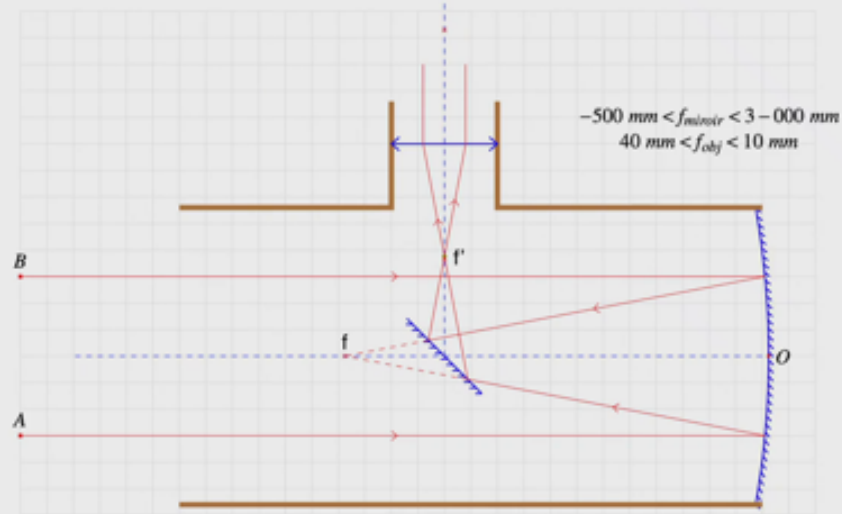
$$\begin{aligned} 500 \text{ mm} < f_{\text{obj}} < 2000 \text{ mm} \\ 10 \text{ mm} < f_{\text{occ}} < 50 \text{ mm} \\ \Rightarrow 10\times < G < 200\times \end{aligned}$$

alors que pour observer les planètes, la lunette de Galilée allait aller très bien.

notes

résumé

1.7.6 Télescope de Newton



Et puis ensuite, donc les deux que je vous ai présentés, on appelle ça des lunettes astronomiques.

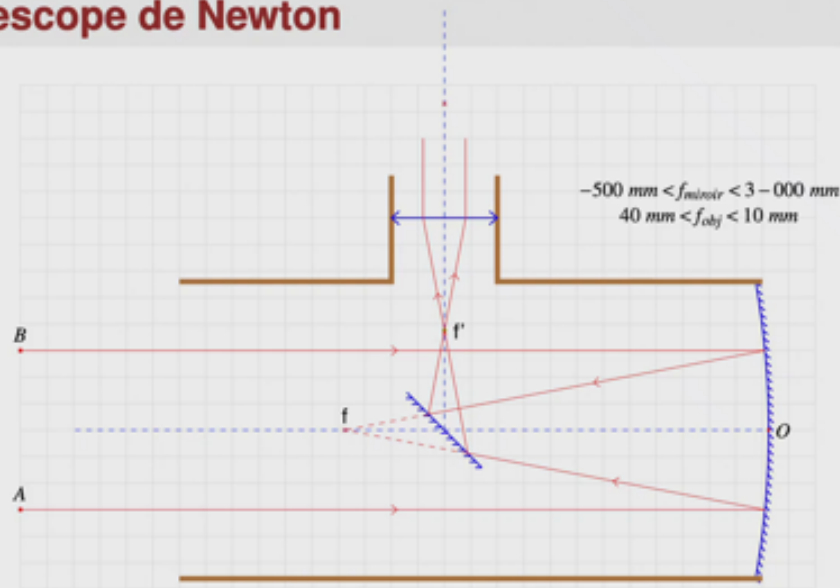
notes

résumé

77m 23s



1.7.6 Télescope de Newton



Alors après, des fois, les gens vont dire quand même des télescopes. Mais en fait, on devrait pas appeler ça des télescopes. Pour appeler un télescope, il faut avoir un miroir. Et donc, le premier télescope, c'est celui de Newton. Vous pouvez voir le cheminement de la lumière. Vous avez, pardon, vous parlez du point B par exemple. Vous avez donc un rayon parallèle, puisque ça vient de très loin, ça vient des étoiles. On peut considérer que les photons qui arrivent arrivent parallèlement. Ils arrivent sur un miroir sphérique. Et puis, ils sont renvoyés avec un certain angle sur un miroir intermédiaire, qu'un miroir plan, et envoyés dans un objectif qui lui a une lentille convergente. Et là, les limites, c'est donc qu'on arrive à... Ah mais j'ai mis mon moins, mon moins, une mauvaise place. J'étais fatigué quand j'ai fait ça. Donc c'est entre 500 mm et 3000 mm. Donc c'est pas 3 moins quelque chose, c'est 3000 mm. Et puis, on a un objectif qui est entre 40 mm et 10 mm. Non, c'est pas ici, c'est ici.

notes

résumé

77m 26s



1.7.7 Comparaison

Les lunettes de Kepler, Galilée et le télescope de Newton représentent des avancées significatives dans l'histoire de l'observation astronomique, chacun apportant des contributions uniques à la compréhension du cosmos.

La lunette de **Galilée**, conçu au début du XVII^e siècle, fut le premier instrument d'optique à être utilisé pour l'astronomie. Galilée l'utilisa pour observer la Lune, les lunes de Jupiter et les phases de Vénus. Il s'agissait d'un réfracteur, utilisant une lentille convergente comme objectif pour collecter et focaliser la lumière et d'un oculaire divergent.

La lunette de **Kepler**, développé peu après, était également un réfracteur qui utilisait une lentille convergente pour objectif et pour oculaire. Conçu pour corriger les aberrations chromatiques, la lunette de Kepler était particulièrement efficace pour l'observation des étoiles.



Enfin, le télescope de Newton, inventé par Isaac Newton au XVII^e siècle, marqua une transition vers les télescopes réflecteurs. Utilisant un miroir parabolique comme élément principal pour collecter la lumière, le télescope de Newton éliminait les problèmes d'aberration chromatique présents dans les réfracteurs. Cela a permis d'obtenir des images plus nettes et a jeté les bases pour le développement des télescopes modernes.

Là, il y a un slide qui vous présentera une comparaison de ces deux. Je vais passer rapidement parce que je ne veux pas vous garder plus de couleur. Là, j'ai demandé à Chad GPT de m'aider et de me faire ce slide. Voilà, comparons les deux lumières. Ça vous donnera quelques informations sur l'intérêt. Vous voyez nos trois personnages, celui d'extrême gauche, et Galilé, celui du milieu, et Kepler, et le dernier, Newton, vous avez peut-être déjà vu ces représentations. Et ça a vraiment été quelque chose de très important.

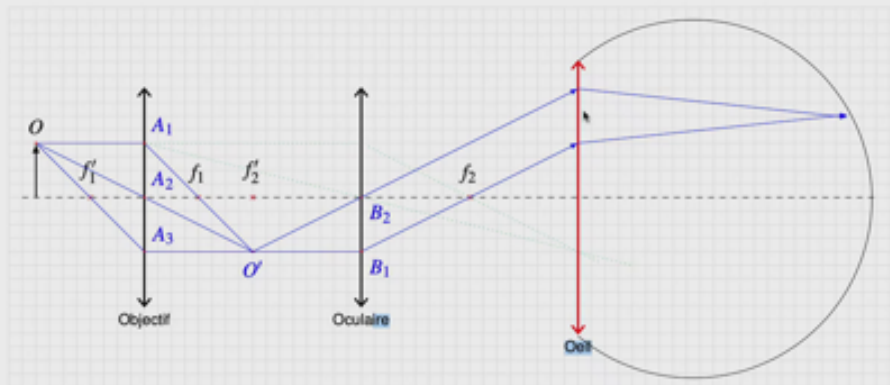
notes

résumé

79m 0s



1.7.8 Microscope optique



- **Objectif** : L'objectif est la première lentille du microscope et est situé près de l'échantillon. Il collecte la lumière provenant de l'échantillon et forme une image intermédiaire qui est agrandie.
- **Oculaire** : L'oculaire est la deuxième lentille du microscope et est situé près de l'œil de l'observateur. Il agrandit l'image intermédiaire formée par l'objectif et permet à l'observateur de voir les détails de l'échantillon.

C'est l'unette et ça va être au centre des discussions à la fin de la Renaissance pour comprendre comment est le monde, pour discuter des théories de Copernic. Aujourd'hui, on présente ça en une demi-heure, on voit tout ça, mais ça a été des discussions, des discussions, des livres, des argumentations dans tous les sens pour arriver à présenter ces choses-là. Ensuite, quelque chose qui peut-être vous concerne plus, comme étudiant en criminologie, le microscope, on croit que la loupe avec Charles Occulme, c'est quand même important. Donc le microscope, c'est un conjugaison de l'anti convergente. À ce moment-là, on va vouloir regarder plutôt des objets qui sont très proches, et puis on va être limité, un petit peu comme l'histoire du Pung-Tung Proximum, on va être aussi limité à comment on peut se rapprocher du microscope, et quand on doit se rapprocher vraiment trop près, on va mettre de l'huile pour éviter un certain nombre de phénomènes de diffraction. Je n'ai pas à nouveau rentré, vous aurez un cours de microscopie par des gens qui s'y connaissent bien. Mais là, vous avez un schéma. Donc ce que vous pouvez reconnaître sur le schéma, vous voyez l'objet en haut, et puis vous voyez, chaque fois, on a dessiné un rayon parallèle, un rayon qui passe par le centre optique, un rayon qui passe par le foyer, et puis ils vont faire une première image que j'ai appelée au prime, je ne sais pas si vous la voyez, je n'arrive pas à voir peut-être avec le curseur, voilà, elle est ici. Et puis là, ici, on va reprendre cette image, et puis on va utiliser une lentille aussi convergente. Donc un des rayons intéressants, c'est celui qui va passer par le centre optique, ça va nous donner un premier rayon, et

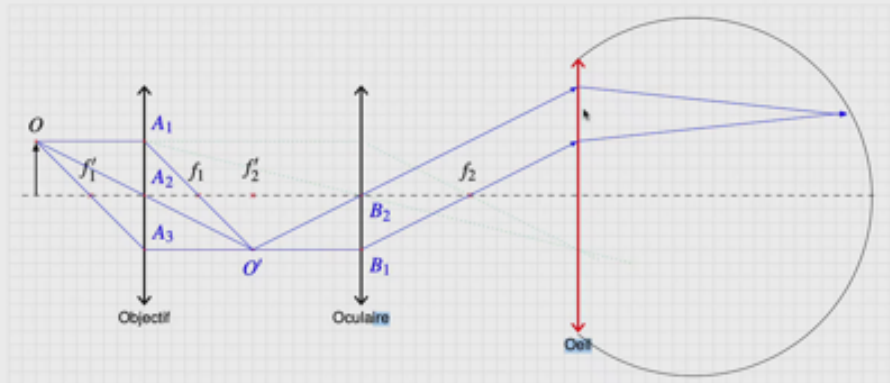
notes

résumé

79m 49s



1.7.8 Microscope optique



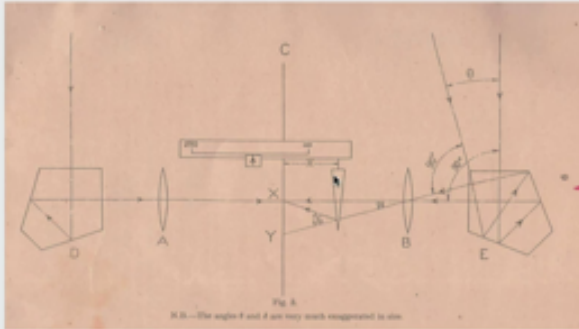
- **Objectif** : L'objectif est la première lentille du microscope et est situé près de l'échantillon. Il collecte la lumière provenant de l'échantillon et forme une image intermédiaire qui est agrandie.
- **Oculaire** : L'oculaire est la deuxième lentille du microscope et est situé près de l'œil de l'observateur. Il agrandit l'image intermédiaire formée par l'objectif et permet à l'observateur de voir les détails de l'échantillon.

puis on a pris un deuxième rayon qui était un rayon parallèle, puis lui, il va passer par la focale, et ça va permettre d'arriver sur l'œil, sur la lentille de l'œil, et puis ça va créer une image sur le fond de l'écran,

notes

résumé

1.7.9 Range meter (télémètre optique à coïncidence)



- Deux lentilles convexes similaires A et B sont installées avec leurs axes coïncidant, la distance entre les lentilles étant égale à deux fois leur distance focale.
- Un écran C est interposé à mi-chemin entre A et B.
- Deux prismes pentagonaux D et E sont montés à l'extérieur des lentilles de manière à réfléchir les rayons provenant d'un objet lointain à travers les lentilles.

Un objet ponctuel est considéré (a) à une distance infinie, (b) à une distance finie R, l'objet étant dans chaque cas placé de telle manière que les rayons qui le traversent en passant par D sont réfléchis parallèlement à l'axe commun de A et B.

et le fond de votre œil. Alors, j'ai été vous chercher dans le musée cet objet très particulier, ce n'est pas un bazooka, donc c'est un objet utilisé en artillerie pour mesurer la distance d'un objectif, pour après, il y a eu de suite avec un bazooka. Donc, en fait, vous pouvez voir le schéma optique à l'écran, et puis vous pouvez voir la réalité ici. Donc vous avez deux visions qui peuvent aller. Alors si c'était à l'infini, ce serait parallèle, mais comme on va observer un objet, ces deux rayons qui vont former un certain angle, et puis vous avez des prismes, on appelle ça un peu des prismes, mais enfin, ils sont un peu particuliers, parce qu'ils ont des prismes miroirs. Sur ces parties-là que je vous montre, et ici, ils sont en fait argentés, et puis on utilise, dans ce cas-là, pas leur aspect de prismes pour changer l'angle, on utilise pour passer en angle droit un système qu'on va retrouver aussi dans les appareils de photo. Donc on réutilise des objets un peu entre miroirs et prismes pour diriger les rayons. Donc vous voyez que ça permet de faire un chemin un peu particulier qui permet de tourner à un anonyme degré, ou proche de l'anonyme degré, différents rayons. Donc un des rayons, on le garde perpendiculaire, l'autre, il va intersecter le premier rayon qui était vertical sur la en D, sur la gauche. Et puis vous pouvez observer en A et B, probablement par ici, à l'intérieur, de l'anti convergente qui ont les mêmes foyers et qui sont placés, si je me souviens, l'une à l'autre, l'une aux foyers de l'autre. Et puis, ce que vous voyez, c'est un petit triangle tête en bas. Ça, c'est un prisme. Et en fond, ce qu'on va

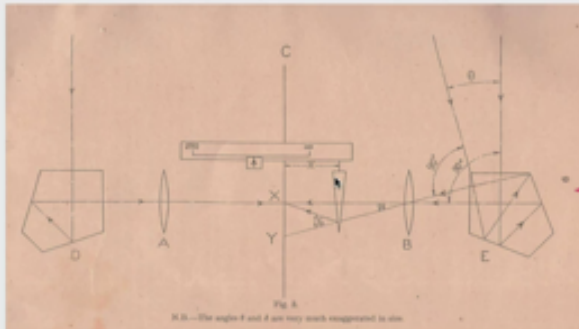
notes

résumé

82m 32s



1.7.9 Range meter (télémètre optique à coïncidence)



- Deux lentilles convexes similaires A et B sont installées avec leurs axes coïncidant, la distance entre les lentilles étant égale à deux fois leur distance focale.
- Un écran C est interposé à mi-chemin entre A et B.
- Deux prismes pentagonaux D et E sont montés à l'extérieur des lentilles de manière à réfléchir les rayons provenant d'un objet lointain à travers les lentilles.

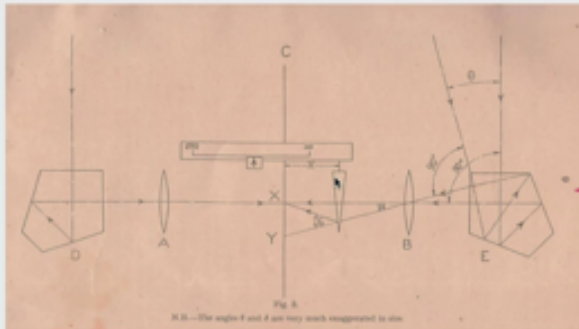
Un objet ponctuel est considéré (a) à une distance infinie, (b) à une distance finie R, l'objet étant dans chaque cas placé de telle manière que les rayons qui le traversent en passant par D sont réfléchis parallèlement à l'axe commun de A et B.

faire, on va avoir deux images qui viennent, on appelle ça la parallaxe, le fait que nous, c'est aussi comme ça qu'on estime les longueurs. Alors, on les estime pas digitalement, vous ne pouvez pas juste avec votre... Ah oui, il est à 20 mètres. On est quand même assez bon général à estimer certaines distances. On le voit bien. C'est ce qui fait que, normalement, à moins d'être un professeur de physique, on ne se cogne pas contre tout. Donc, on est capable de notre œil aussi. Donc, on a besoin de deux visions pour estimer les distances. Donc là, on va utiliser l'image de gauche et l'image de droite. Et on va les faire correspondre, coïncider. Et c'est ça qui va nous permettre. Donc, on va déplacer, vous voyez, c'est écrit X ici. Donc, vous avez un rayon. Il y a un premier exemple avec un rayon parallèle, un objet qui serait à l'infini, il vient avec la verticale. Et un objet qui n'est pas à l'infini, il va venir avec un certain angle. Donc, celui qui est à l'infini, vous voyez son rayon, il va passer tout droit, il va passer tout droit dans le pris, mais puis il va arriver à une certaine position. Et ça veut dire que les deux images qu'on va voir dans les deux oculaires, ici vous avez deux oculaires, donc, je vais voir deux images superposées l'une à l'autre. Et puis, si c'est à l'infini, alors c'est parfait, le système fonctionne très bien. Mais si c'est pas à l'infini, si je suis à 200 mètres, 300 mètres, puis que je ne fais rien, elles vont être décalées l'une à l'autre. Parce que vous voyez bien que vous avez un qui a un angle qui est différent de l'autre. Parce que si

notes

résumé

1.7.9 Range meter (télémètre optique à coïncidence)



- Deux lentilles convexes similaires A et B sont installées avec leurs axes coïncidant, la distance entre les lentilles étant égale à deux fois leur distance focale.
- Un écran C est interposé à mi-chemin entre A et B.
- Deux prismes pentagonaux D et E sont montés à l'extérieur des lentilles de manière à réfléchir les rayons provenant d'un objet lointain à travers les lentilles.

Un objet ponctuel est considéré (a) à une distance infinie, (b) à une distance finie R, l'objet étant dans chaque cas placé de telle manière que les rayons qui le traversent en passant par D sont réfléchis parallèlement à l'axe commun de A et B.

c'est décalé, ici j'ai un angle theta, et quand je vais rentrer dans ce pris, je vais arriver ici avec un certain angle. Et ce que je vais faire, je vais déplacer ce pris de manière à ce que les deux images, celles qui viennent de gauche et celles qui viennent de droite, se correspondent. Et puis l'appareil est fait correctement pour pouvoir que mesure. Donc quand je vais déplacer, ça a été vu, si c'est à l'infini, c'est parallèle. Et puis après, on a calculé les arcs tangents des différents angles. On est capables d'estimer la distance. Et puis en regardant dans l'objet, mais aussi en regardant ici à l'extérieur, je peux voir, une fois que j'ai fait le réglage, je peux voir à quelle distance les deux images sont l'une en-dessus de l'autre. Donc c'est ce qui a expliqué dans le texte. Vous avez pas ce slide ? Je suis désolé, j'ai oublié de le charger hier. Je vais le charger ce soir.

notes

résumé

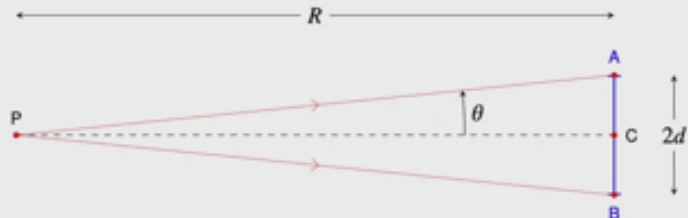
1.7.10 Télémètre optique fonction : usage de la paralaxe

Le télémètre fonctionne en captant deux images d'un même objet à partir de deux ouvertures séparées (souvent situées à chaque extrémité de l'appareil). La distance entre ces deux ouvertures est appelée la base du télémètre.

Comme l'objet est vu sous un angle différent par chaque ouverture, les deux images sont décalées. L'appareil permet d'aligner ces images pour calculer la distance.

Télémétrie optique

$$R = \frac{d}{\tan \theta} \approx \frac{d}{\theta}$$



Donc ici, j'explique un peu comment on fait assez facilement. Vous voyez qu'à le faire réellement, il faut bien le faire, il y a des angles à mépriser, mais à comprendre comment ça fonctionne, c'est assez simple. Si vous avez une cible qui est en P et vous vous retrouvez en C, vous avez des rayons rouges, un qui va sur A, un qui va sur B. Si vous êtes capable de mesurer l'angle de votre triangle, vous avez que la hauteur de votre triangle que j'ai appelé r, elle vaut le rapport entre la distance que vous avez entre... la moitié de la distance entre vos deux yeux ou vos deux objectifs divisé par theta. Si vous me permettez encore juste quelques minutes,

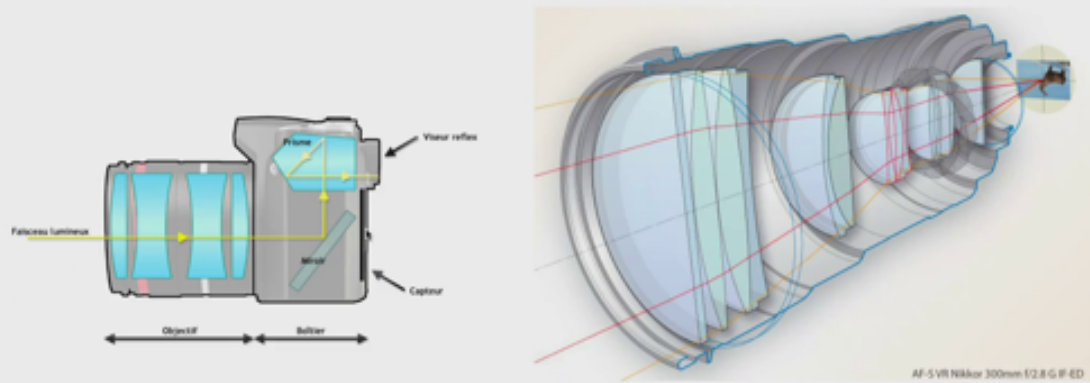
notes

résumé

87m 33s



1.7.11 Systèmes optiques complexes



vous avez des systèmes...

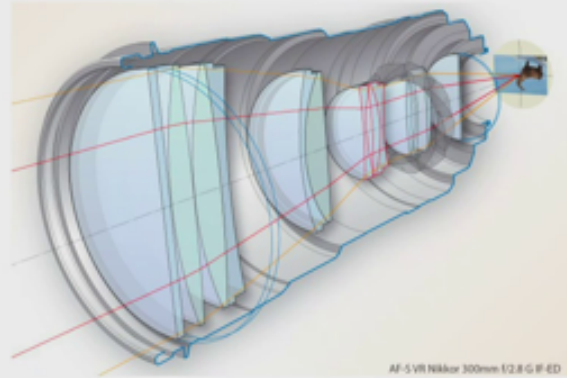
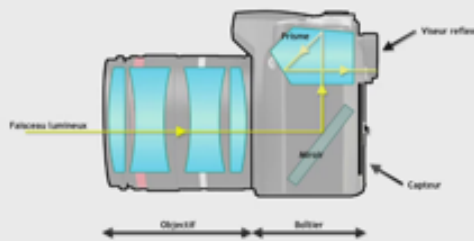
notes

résumé

88m 24s



1.7.11 Systèmes optiques complexes



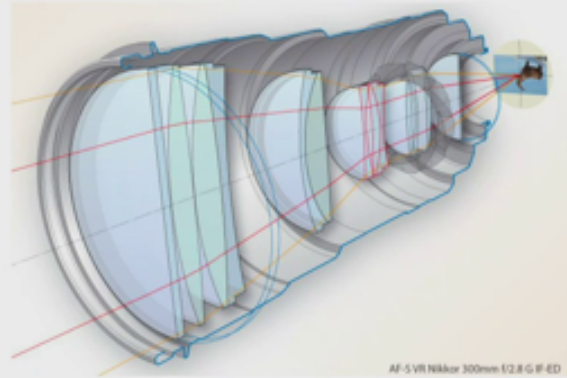
Non mais je crois que je vais attendre la prochaine fois que vous l'expliquez. C'est trop sympa, mais j'ai hâté de vous expliquer ça juste au dernier moment. Donc je reprendrai la fin. En plus, je vous aurais donné les slides, désolé d'avoir voulu les charger. Je vous retrouve vendredi avec des problèmes très sympas, un quiz encore plus sympa et puis je vous souhaite une bonne semaine d'ici là.

notes

résumé

88m 26s





page 80/80 - leçon4-UNIL-123 Physique expérimentale II