

Support de cours

Cours:

## UNIL-123 Physique Expérimentale II

Vidéo:

### Lesson1-UNIL-123 Physique expérimentale II

Concepts (extraits des sous-titres générés automatiquement) :

**Petites pics. Petits abus de dessin. Savoir de quel molécule. Petits trucs. Tout petit. Questions importantes. Prochaine fois. Aspects de l'onde. Champ électrique. Petit cochon. Premier cours de physique. Cours de physique. Petite bougie. Longueur d'onde. Second cours de physique.**



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



[vers la vidéo](#)

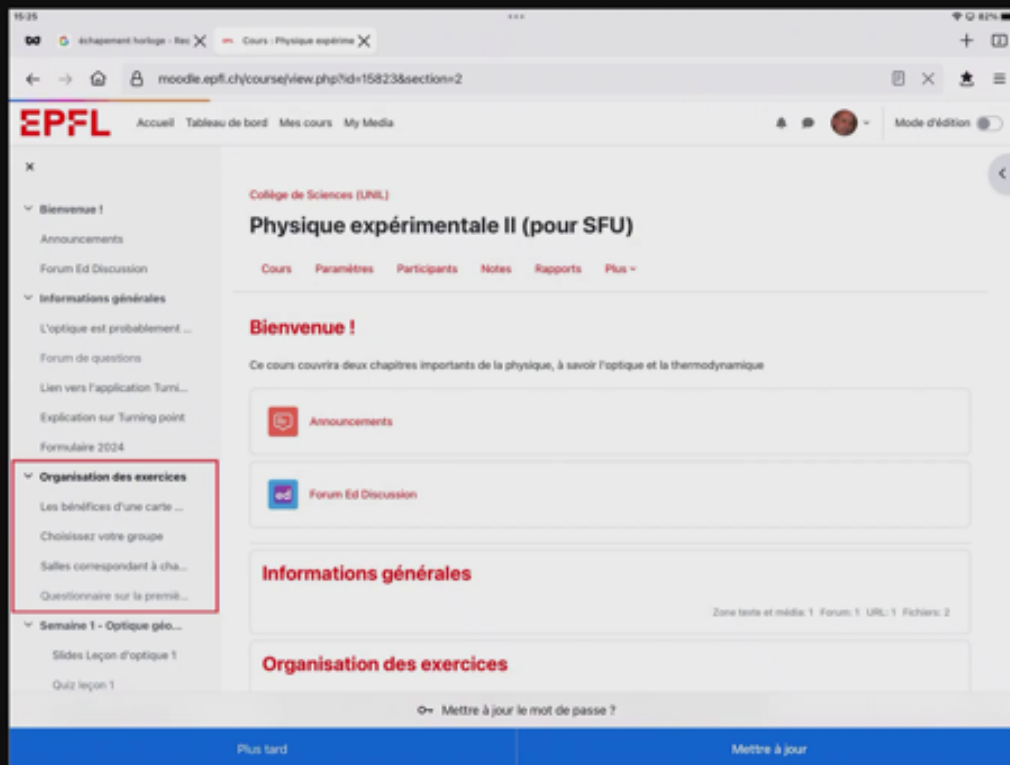
Center for Digital Education. Plus de matériel de soutien pédagogique ici :

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

\_\_\_\_\_

---





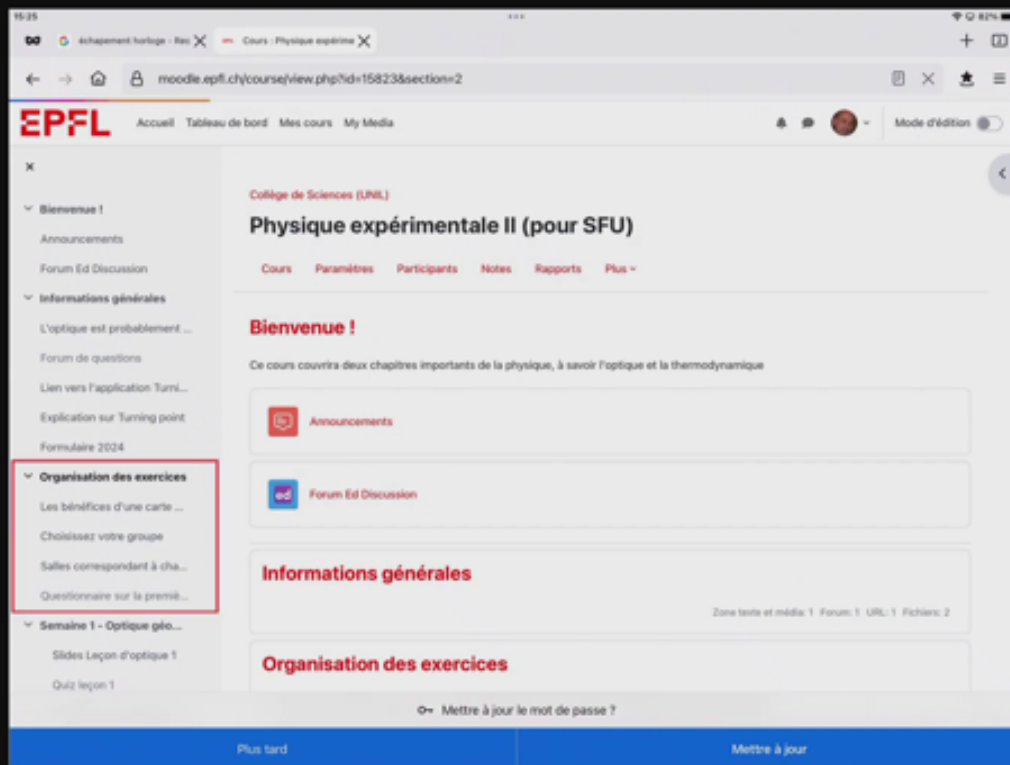
Ces sous-titres ont été générés automatiquement Voilà, bonjour. Fais plaisir de vous voir. Pour certains, je les retrouve, mais j'ai aussi du plaisir. J'aime bien ce cours, donc c'est un bon moment pour moi. J'espère que ce sera aussi un bon moment pour vous. Donc on est ensemble tous les mardi pour un cours de physique. Donc c'est votre second cours de physique. Vous avez eu un premier cours de physique. C'est un mécanique au premier semestre. Et puis pendant ce cours-là, on va parler d'optiques, on va parler de thermodynamique. On va parler d'optiques parce que c'est un sujet quand même assez important pour des étudiants sciences criminelles. Je sais que tous, entre vous, vont pas faire la criminalistique, mais dans votre branche, il y a quand même pas mal d'appareils qui sont basés sur l'optique, les microscopes, les lasers, etc. Donc c'est quand même assez intéressant. Je sais qu'après, quand vous continuez, en tout cas au master, ou je crois même en troisième année, vous aurez un cours typiquement microscopie, vous aurez des cours beaucoup plus spécialisés. Mais donc ça, ça va vous donner une base. Je pense que certains d'entre vous ont déjà eu un petit peu d'optiques au collège. Voilà, ça va être pour eux peut-être certaines choses en rappel et puis on va toujours des choses à apprendre. Puis dans la deuxième partie du cours, on va parler de thermodynamique. C'est un élément quand même essentiel pour comprendre le monde. Les physiciens aiment beaucoup la thermodynamique parce qu'on va dire que c'est une théorie globale. Ça permet de comprendre plein de choses. Il y a des principes, premier, deuxième, troisième principe, voire le quatrième principe thermodynamique, qu'on ne verra d'ailleurs pas avant dans le cours, mais premier, deuxième, on les verra. Ce sont vraiment très,

notes

résumé

0m 2s



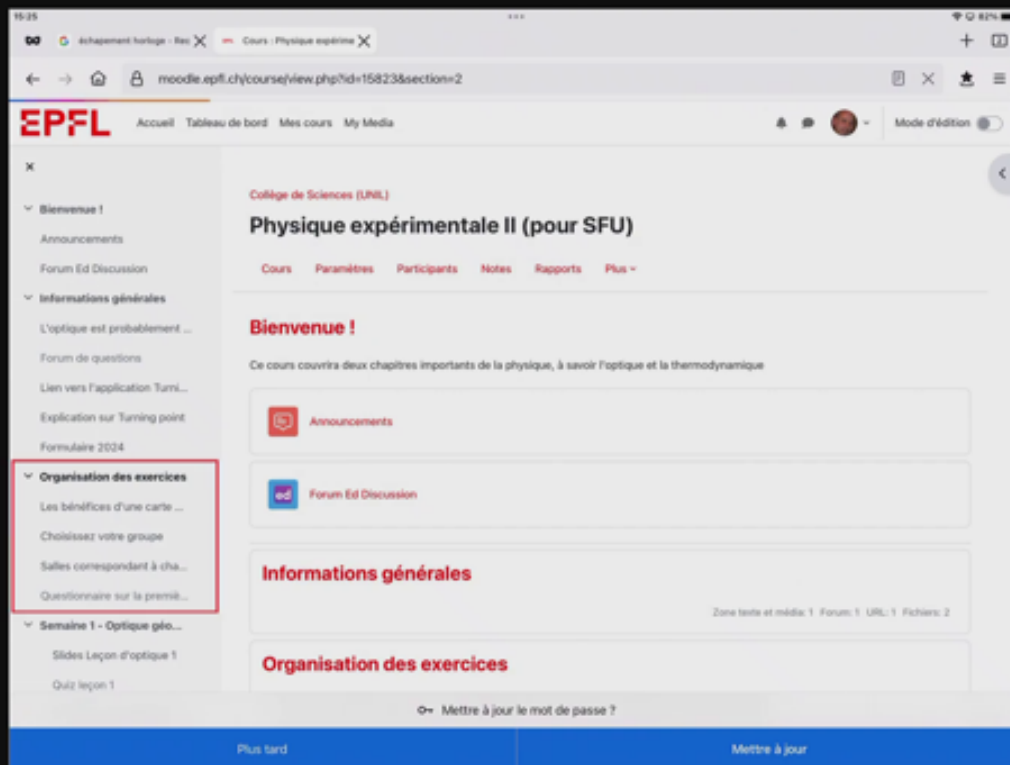


très importants, finalement, pour comprendre le monde. Donc c'est important pour des étudiants en sens criminel d'avoir une compréhension du monde, et c'est aussi important pour les citoyens. Je pense que toutes les questions importantes qui sont en train d'être discutées sur le réchauffement climatique et tous les sujets afférents, si on a une compréhension de la thermodynamique, on comprend un petit peu mieux ces différentes positions. Voilà, donc on est ensemble le mardi de 3h15 à 5h00. Merci, je sais que certains viennent, si c'est toujours la même chose d'horaire, viennent de l'autre côté du campus. Donc vraiment, j'apprécie que vous soyez à l'heure. J'ai vu que vous étiez là vraiment à l'heure, donc vraiment, il faut aussi le transmettre. Mais remerciez-moi, si c'est toujours le cas, la professeure de droit, je crois, qui vous... On n'avait pas cours aujourd'hui. Vous n'avez pas cours aujourd'hui, OK. Mais si jamais la prochaine fois, elle se souvient, puis qu'elle vous libère pas trop tard, vous la remercier de ma part, j'apprécie vraiment beaucoup. Parce que autrement après, ça poussait tous les horaires, donc je suis très reconnaissante. Vous avez donc un site Moodle. Vous pouvez, je sais pas si vous avez déjà vérifié, vous pouvez normalement rentrer tous sur le site Moodle. Vous pouvez, c'est bon ? Sur ce site, vous trouvez les slides du cours, vous trouvez les exercices, vous trouvez parfois des vidéos, des choses comme ça. J'ai rajouté du matériel que je trouve intéressant, juste pour clarifier avant que vous me posiez la question, a priori, tout ce qui est proposé peut être sujet de l'examen. Voilà, comme ça j'ai répondu à la question. Mais j'ai jamais posé une question d'examen, qu'est-ce que M. Telle-Telle a dit à la quatrième minute de son... Mais voilà, c'est du matériel

notes

résumé

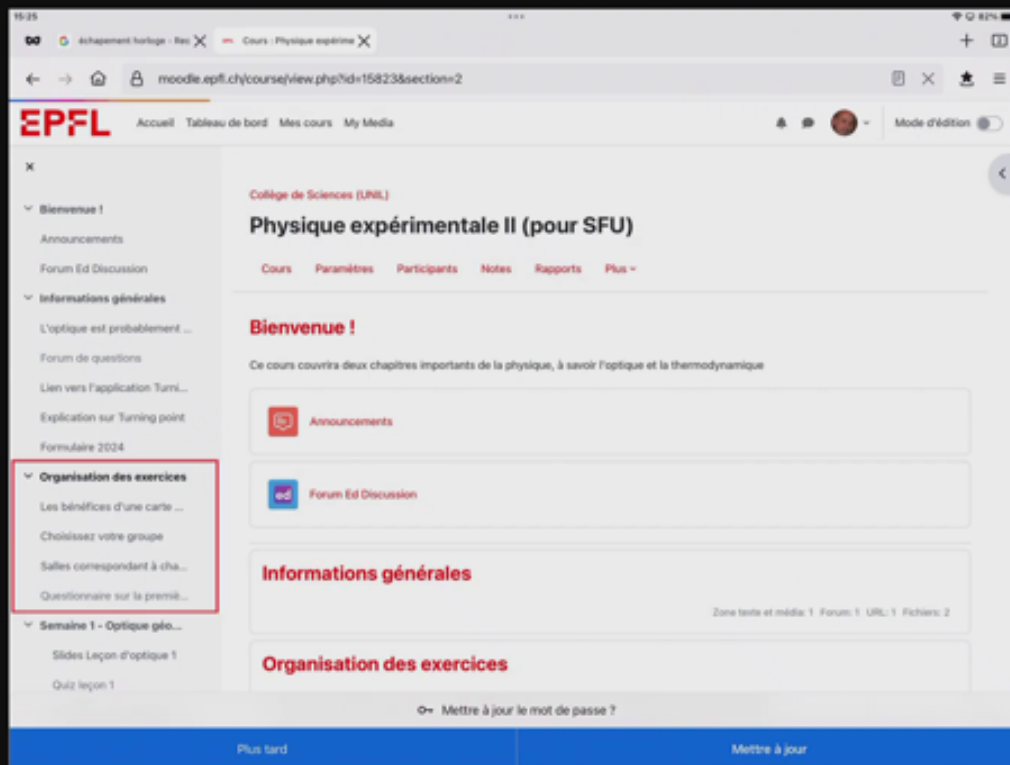




que je vous donne, et c'est un matériel que je considère qui doit faire partie de votre... Complicant, c'est une question. Essayez physique. Et vous me dites si ça marche, j'ai pas révisé à ça autrement que pour que j'aie à voir. Ça marche ? C'était pas très difficile à deviner. L'autre chose, vous pouvez... Vous avez pas toujours tourné, mais vous pouvez voir que c'est marqué record là-haut, donc ça veut dire que le cours est enregistré. D'ailleurs, il faut que je me rappelle de ne pas trop me déplacer sur la vidéo, vous allez me voir disparaître. Et il sera mis en ligne, 2, 3 jours après, il sera pas traité. Donc voilà, c'est pas forcément facile de regarder une à deux heures de vidéo, donc moi, je courage vraiment à venir au cours. Mais vous faites comme vous voulez, mais en fait, c'est plutôt qu'il sera mis en ligne, je vais mettre en ligne pour vous rappeler, pour revoir des choses, etc. Donc si une fois vous n'êtes pas là pour une raison ou une autre, vous pouvez avoir accès au cours et puis il va rester jusqu'à l'examen, vous pouvez revoir les choses après. Pour les exercices, je fais les choses très bien, mais d'une manière peut-être pas absolument classique. Donc d'abord, je vous demande de vous inscrire aux exercices. Donc vous avez tous le droit de venir, il n'y aura pas un nombre de places restreintes, mais je sais que des fois, il y a des étudiants qui décident de ne pas venir aux exercices, c'est leur droit, la liberté académique du côté des étudiants. Mais moi, je vais organiser avec mes tutors, je veux qu'ils aient un groupe d'étudiants d'Antisoclubes, donc c'est pour ça que j'ai absolument besoin que vous vous inscriviez aux exercices, comme

notes

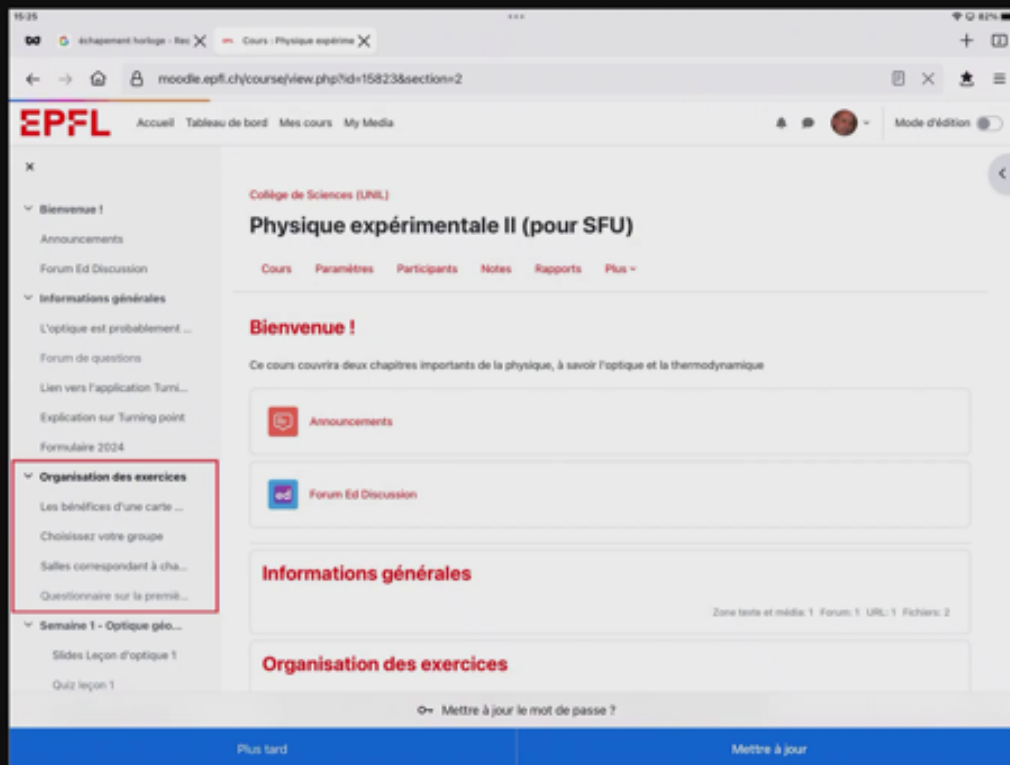
résumé



ça je sais que vous avez décidé de venir. Si par hasard, au début, vous n'étiez pas très chaud, puis que vous changez d'avis, vous n'hésitez pas, vous venez me voir et puis on vous trouvera une place. Mais a priori, pour venir aux exercices, il faut vous inscrire, vous avez vous inscrire dans un groupe. Au niveau des assistants, la plupart parlent français bien, il y en a même, il y en a un qui parle allemand, suisse allemande, je sais que j'ai des étudiants souvent qui sont allémaniques, donc vous avez un assistant, c'est Marco Müller, qui parle allemand, et puis il y en a un ou deux qui parlent italien, donc si jamais, en général, il y a des étudiants tessinois, des étudiants italiens, si vous avez envie d'avoir un assistant qui parle votre langue, c'est cette possibilité. Il y en a aussi un, Iago, qui parle espagnol, je sais pas, quand j'ai demandé un petit peu au secrétariat, j'ai vu qu'il y avait quelques personnes qui parlaient espagnol, donc si jamais Iago parle... Donc merci de vous inscrire assez rapidement les groupes, répartissez aussi les groupes, après je vais les répartir dans les différentes salles, il y aura trois salles qui sont ici derrière pour les exercices, et puis l'autre chose que je voulais vous dire, quand je disais que je faisais pas les choses absolument comme tout le monde le fait, la séance d'exercice est rythmée. Donc quand vous allez arriver aux exercices, vous avez d'abord un quiz. Le but de faire ce quiz, c'est au fond de remettre les choses dans votre tête, c'est aussi avec beaucoup d'amabilité, des petites pics pour vous montrer qu'il y a peut-être des choses encore à apprendre, et des fois il y a des questions qui sont un

notes

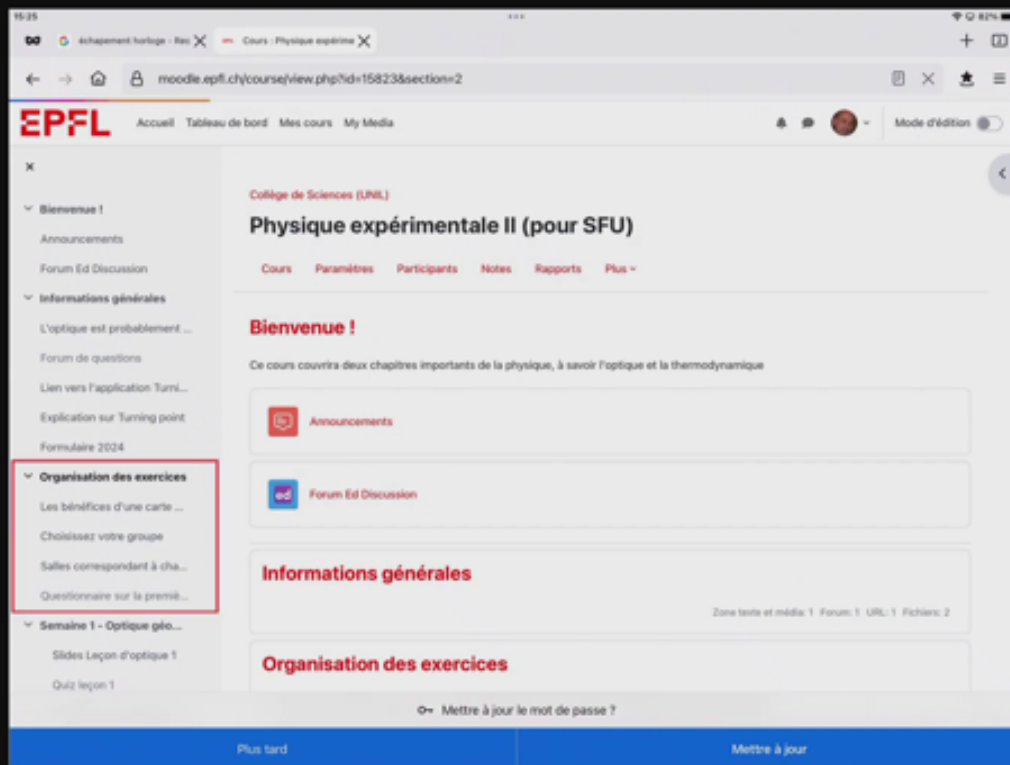
résumé



petit peu plus difficiles. Ne vous affolez pas si vous répondez pas à tout. Après, quand vous préparez vos examens, je pense que c'est important de refaire ces quizzes et de répondre à tout. Mais quand vous les faites dans la première fois, moi je vous dis la moyenne en général, c'est environ 30% et 50% des réponses, ça dépend les quizzes. Donc vous ne vous affolez pas si tout d'un coup votre score n'est pas extraordinaire. Mais pour vous remettre les concepts en tête, je n'attends quand même que vous regardiez le cours entre les cours et les exercices, mais malgré ça, je pense que ça vaut la peine de se remettre les cours. Donc là, ça ne devrait pas vous prendre plus d'un quart d'heure. Après, je vais vous demander de faire une carte mentale. Je ne vais pas défendre tout de suite la carte mentale. À 5h15, il y en aura une de mes collègues du Centre d'Appui Pédagogique qui vous expliquera... Elle n'était pas dans ma tête, elle ne sait pas pourquoi j'ai décidé de faire ça, mais enfin elle va vous montrer l'intérêt de faire ça. Parce que, en tout cas, je le vois depuis que je l'utilise, il y a des bien meilleurs résultats à l'examen, et ça vous permet... L'examen, la route d'examen, c'est quelque chose, c'est important, mais je veux dire que ce n'est pas la seule chose qui est importante. Je vois aussi, depuis que j'utilise ça, une bien meilleure compréhension de votre part, je vois bien dans les réponses que les choses sont beaucoup mieux comprises. Donc voilà pourquoi je tiens à faire ça. De nouveau, libertacadémie, je ne voulais absolument pas... Il n'y a personne qui va vous forcer, mais si vous venez aux exercices, c'est un petit peu

notes

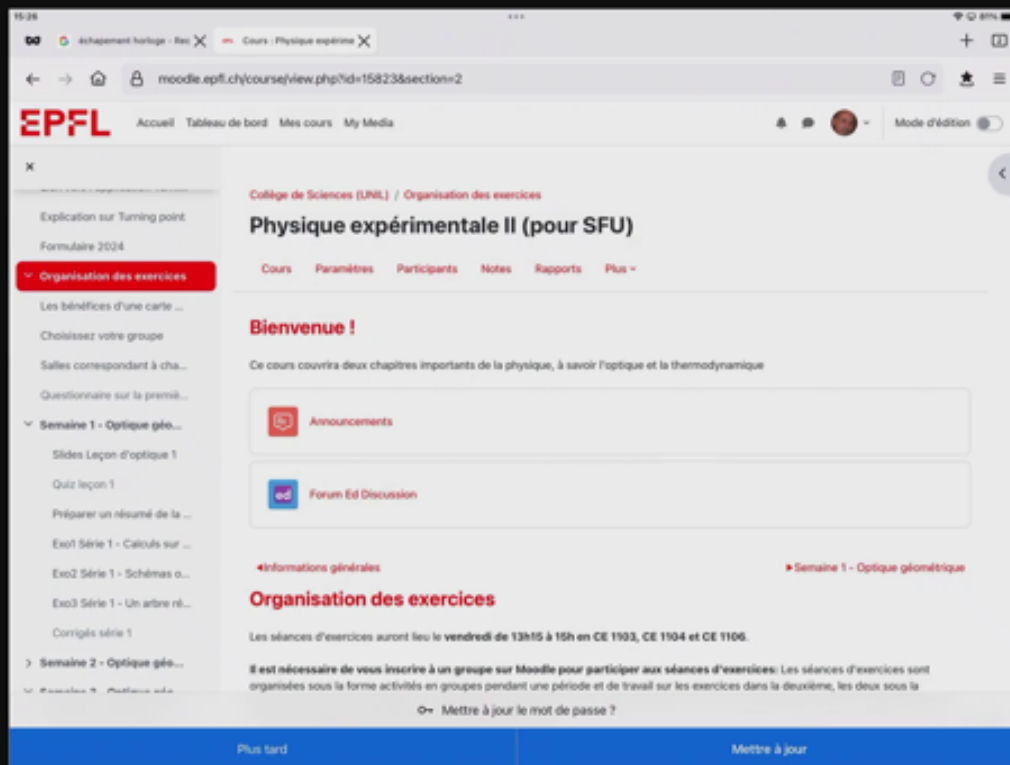
résumé



l'idée. C'est aussi de suivre ce qu'on vous propose. Et puis, on va dire dans la deuxième heure, alors là, faire les exercices. Je vous donne en général deux à trois exercices à faire par semaine. C'est évident que vous n'arrivez pas à les faire en une heure. Donc je sais très bien quand je vous donne des exercices que vous n'arriverez pas à tout faire. Vous avez différentes possibilités. Vous pouvez soit essayer de dire, bon, quel premier je vais le faire bien, puis je vais vérifier avec l'assistant, après je me débrouille, c'est une méthode. L'autre, ça peut être de se dire, je les regarde pour être sûr que j'ai bien compris les trucs, je fais un premier brouillon de ce que je pourrais résoudre dans l'exercice. Je veux être sûr qu'il n'y a pas un truc vraiment qui m'est difficile, que j'ai de la peine à comprendre pour lequel j'aurai besoin d'assistant. Et puis après, vous pouvez les terminer à la maison. C'est vous qui voyez comment vous voulez travailler. Je vous donne des corruguées, je rentre cette vendredi. Si je n'oublie pas, à la fin du week-end, en général, je les mets en ligne. Si je fais bien les choses, c'est même automatique. Des fois, j'oublie, donc n'hésitez pas à m'envoyer un gentil message en disant combien vous appréciez le cours, mais aussi en me demandant de mettre en ligne le corrugué d'exercice si par hasard, pour une raison X ou Y, j'ai oublié. Voilà, il me semble que c'est les choses principales à vous présenter. Je ne sais pas si il y avait une question de l'ordre de l'organisation avant que je commence le cours directement. Donc là, à l'écran, vous avez le site Moodle,

notes

résumé



vous avez donc un parti qui était là... Ah oui, quelque chose que là, le forum ED. Donc vous avez aussi la possibilité, grâce à un des assistants qui me l'a installé. Matteo, vous avez l'occasion de poser des questions sur ED. Et là, vous pouvez les poser de manière anonyme. Moi, je ne tiens pas, je ne me souviens pas, je ne vais pas vous noter en fonction de vos questions, mais on a vu quand même, depuis qu'on a introduit les questions anonymes, qu'on a beaucoup plus de questions. Pour nous, ce qui est important, c'est vraiment pas de connaître le nom de la personne qui pose la question. C'est d'y répondre et de vous aider dans votre apprentissage. Donc vous avez la possibilité sur ED, je ne sais pas si vous connaissez, etc. Découvrez, vous le installez sur votre téléphone et puis ça vous donne la possibilité de poser des questions, soit anonymement, soit anonymement. Et puis, on y répondra.

notes

résumé

10m 19s





# Deux chapitres d'optique

Ça nous prendra environs six semaines

## Chapitre 1 Optique géométrique

- Les bases
- Les surfaces spéculaires
- La réfraction
- Le prisme
- Les lentilles minces
- Les matrices de transfert
- Quelques systèmes optiques courants

## Chapitre 2 Phénomènes d'interférences, de diffraction et de polarisation

Donc, cours d'optique. On va parler des bases, on va parler des surfaces spéculaires, donc ça veut dire les miroirs, ça m'a compliqué pour parler des miroirs, on va parler de la réfraction, du prisme, des lentilles minces. Je vais vous montrer quelque chose d'assez intéressant qui s'appelle les matrices de transfert, une manière de faire des calculs, non pas seulement des dessins. Mais vous allez voir que j'insiste sur une compréhension physique, sur la capacité que vous ayez de refaire des dessins d'optique. Donc à l'examen, il y aura en tout cas un dessin à faire. Par exemple, l'année passée, ce qui était là, il fallait dessiner un rayon, le transfert d'un rayon qui n'a pas d'angle particulier, dans une lentille convergente, voilà un examen. Une autre année, j'ai demandé de compléter le dessin de la lunette de Galilée, ou des choses comme ça, donc c'est être capable de comprendre comment les rayons lumineux se passent, être capable de les dessiner. C'est de l'optique, c'est aussi de la géométrie analytique en fait de compte. En général, il y a des angles à trouver, il y a des rayons particuliers à trouver. Et puis je vous parlerai de quelques systèmes optiques courants. Et puis dans la deuxième partie, on va parler des aspects, ce qu'on appelle l'optique ondulatoire. Donc là, on va rentrer dans la physique un peu plus moderne, on va juste toucher le dessus. L'essentiel du cours, le cours d'optique, nous prend environ six semaines, donc en tout cas quatre semaines, on va être dans l'optique géométrique.

### notes

### résumé

12m 5s





# Bases d'optique pour les sciences forensiques (I)

Les thématiques essentielles qui permettent une compréhension générale de l'optique géométrique:

- 1 **La lumière et ses propriétés** : on peut commencer par définir la lumière comme une onde électromagnétique qui se propage dans le vide et dans les milieux matériels. On peut discuter de ses caractéristiques, telles que la fréquence, la longueur d'onde, la vitesse et l'intensité.
- 2 **La réflexion** : On peut discuter de la réflexion spéculaire (miroir) et de la réflexion diffuse (surface rugueuse). Expliquer comment la réflexion de la lumière est utilisée pour former des images.
- 3 **La réfraction** : La réfraction de la lumière se produit lorsque la lumière traverse un milieu transparent, tel que l'air, l'eau ou le verre. On discutera les lois de Snell-Descartes qui décrivent comment la direction de la lumière est modifiée lorsqu'elle traverse un milieu.

Là, j'avais demandé, c'est le reste, temps en temps, je pose des questions à Tchatcha GPT, j'avais demandé à Tchatcha GPT, mais j'ai des étudiants extraordinaires en sciences criminelles, qu'est-ce qu'il faudrait qu'ils sachent comme étudiants sciences criminelles ? Et puis ça, ça a été la réponse, et puis ça correspond plus ou moins à ce qu'on va parler. Il pensait, Tchatcha GPT, avec intelligence, je ne sais pas, mais en tout cas, en se repérant sur ce que d'autres avaient pensé, pensait que c'était bien de parler de la lumière et de ses propriétés, des réflexions, de la réfraction, vous pouvez lire ça tranquillement.

## notes

## résumé

13m 43s





## Bases d'optique pour les sciences forensiques (II)

- 4 **Les lentilles** : les lentilles sont des objets optiques qui peuvent être utilisés pour focaliser la lumière et former des images. On peut discuter des différents types de lentilles (convergentes et divergentes), de leur fonctionnement et de leur utilisation dans les systèmes optiques tels que les microscopes, les télescopes et les lunettes.
- 5 **Les interférences** : les interférences se produisent lorsque deux ondes lumineuses se superposent. On peut expliquer comment les interférences peuvent être utilisées pour mesurer la longueur d'onde de la lumière et pour créer des motifs d'interférences, tels que les anneaux de Newton.
- 6 **Les polarisations** : la polarisation est une propriété de la lumière qui peut être utilisée pour créer des filtres polarisants et pour détecter la lumière polarisée. On peut discuter de l'utilisation de la polarisation en optique et de son importance en sciences criminelles, par exemple pour l'analyse de fibres textiles ou de plastiques.

Ces sujets peuvent donner aux étudiants en sciences criminelles une introduction de base à l'optique, qui pourrait être utile pour comprendre certains aspects de la forensique et de l'analyse des preuves. Il est important de souligner que ces sujets sont vastes et qu'un cours de six heures ne peut couvrir que les bases de l'optique.

À part ça, moi, je vous encourage, quand vous avez des questions, aller sur Internet pour des concepts. Tchatcha GPT, en tout cas, ce qui est de l'optique, ça marche bien, terminique, fait quand même attention. Il est capable de vous dire des sacrées bêtises en thermodynamique, mais c'est toujours intéressant quand vous avez une question, des fois, ou d'aller sur Internet, vous avez plein de vidéos qui expliquent des concepts, et des fois, c'est des concepts qui empêchent d'aller plus loin. Donc, n'hésitez pas à avoir plusieurs personnes, une fois avec un accent canadien, une fois avec un accent africain, qui vous expliquent un concept. Ce n'est pas l'accent qu'il fait pour les choses, mais les gens ont différentes manières de présenter, puis on a bien un qui va réussir à vous dire juste le truc qu'il vous fallait pour que le concept percute.

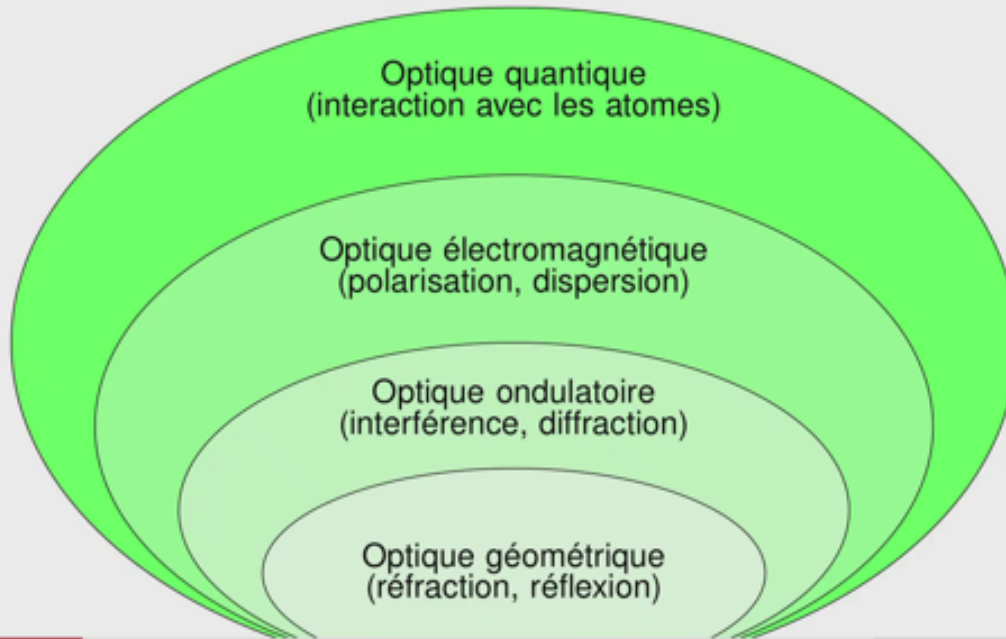
### notes

### résumé

14m 20s



## Un vaste sujet



Jean-Marie Fürbringer - EPFL

Physique Générale II

February 16, 2025

5 / 48

Donc, on parle d'optique, l'optique, il a beaucoup de sujets. Honnêtement, par exemple, moi, quand j'ai fait les études de physique, il y a donc 30 ans, on parlait très peu d'optiques ici, on a décidé que c'était un sujet un petit peu mort, c'était un petit peu pour le collège, etc. Et moi, je n'ai pas eu un seul cours d'optique pendant mes études de physique ici. Maintenant, il y a un cours d'optique en première année, il y en a en troisième année, et j'ai pas mal d'étudiants que je vais voir, que sont parten stages, un étudiant de physique qui parten stages, dans les entreprises, il y en a, je ne sais pas, 25% qui font des problèmes d'optique dans les entreprises avec les lasers, les fibres optiques, etc. Donc, c'est devenu un sujet très, très important. Donc, il y a eu une structure comme ça en pelure d'oignons, c'est vrai qu'aujourd'hui, les particularités, les gens qui font des tests sur l'optique, ils sont plutôt dans la dernière pelure d'oignons, dans les choses les plus compliquées, mais bien sûr qu'il faut commencer par comprendre comment fonctionne la lumière, comprendre les bases, et ça, c'est ce qu'on appelle l'optique géométrique. Historiquement, c'est aussi comme ça qu'on a commencé, depuis les Chinois, peut-être même avant, quand on a encore des projets chinois, ils ont commencé à réfléchir sur comment se déplacer un rayon lumineux et comment ils se comportaient. Puis après, on arrive à le fait que la lumière est une onde, donc il y a tous les aspects de l'onde, donc il y a tous les aspects de diffraction, etc. On va parler un tout petit peu, on ne va pas rentrer, là, il y a des calculs quand même assez hardus avec des intégrations de fonctions trigonométriques,

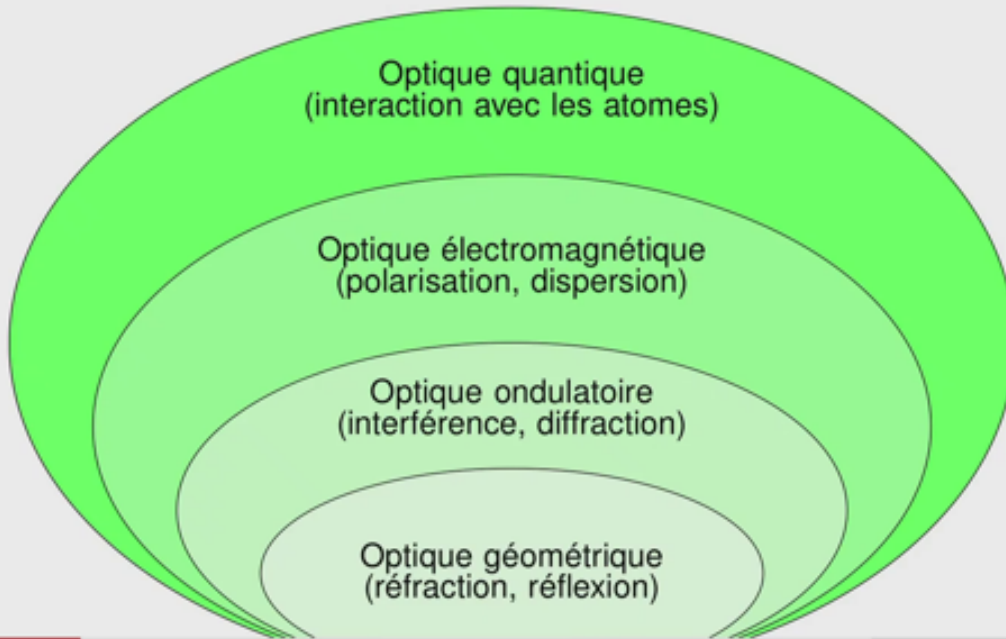
### notes

### résumé

15m 3s



## Un vaste sujet



Jean-Marie Fürbringer - EPFL

Physique Générale II

February 16, 2025

5 / 48

etc. C'est pas ça qu'on a comme objectif de vous apprendre, donc on va toucher un petit peu, je vais vous parler de deux ou trois choses. Et puis, il y a aussi l'enjeu de l'aspect électromagnétique, donc c'est une onde, mais c'est une onde électromagnétique, donc c'est-à-dire un champ électrique et un champ magnétique. On va toucher un tout petit peu pour la polarisation, mais ça va vraiment être une couche de dispersion sur la surface. On ne va pas rentrer très profondément, et on ne va pas du tout toucher le dernier qui est l'optique quantique, peut-être le plus intéressant, mais il faut commencer par le début et puis on va aller tranquillement.

### notes

### résumé

## 1.1 Les bases

Peut-être quand même, je ne sais pas dans l'ordre, mais je n'aurais pu commencer par me présenter. Donc, vous le savez, vous l'avez lu, Jean-Marie Fürbringer, moi je suis physicien, j'ai fait mes études ici, j'ai fait mon doctorat ici au Laboratoire d'Energies Solaires, après je suis parti plusieurs années aux États-Unis, et puis j'ai aussi vécu de nombreuses années au Pérou, et puis je suis revenu en 2001, j'ai été en département de mécanique, je me suis beaucoup occupé plutôt d'administration des cours, etc. Et puis depuis 2010, j'ai commencé à enseigner, d'abord j'ai enseigné la mécanique, le semestre que vous avez eu, que vous avez terminé, et puis depuis quelques années, j'avais mal dit de reprendre ce cours, on a de la thermodynamique, et puis de l'optique, j'enseigne un autre cours, Science au Carré, c'est pour l'Unil, mais c'est pour les gens des sciences humaines, à l'Unil, donc je donne aussi le mardi en cours, etc. Puis à part ça, je suis le directeur d'un cours de formation continuation, je suis à action, sur les énergies renouvelables, sustainable énergie, on a commencé hier, à donner le premier cours, c'était une initiative pour, ça s'appelle la formation continue, donc pour les gens qui ont déjà des diplômes, et qui veulent encore se spécialiser dans d'autres termes. Donc voilà, quand je suis pas avec vous, les autres choses que je fais.

### notes

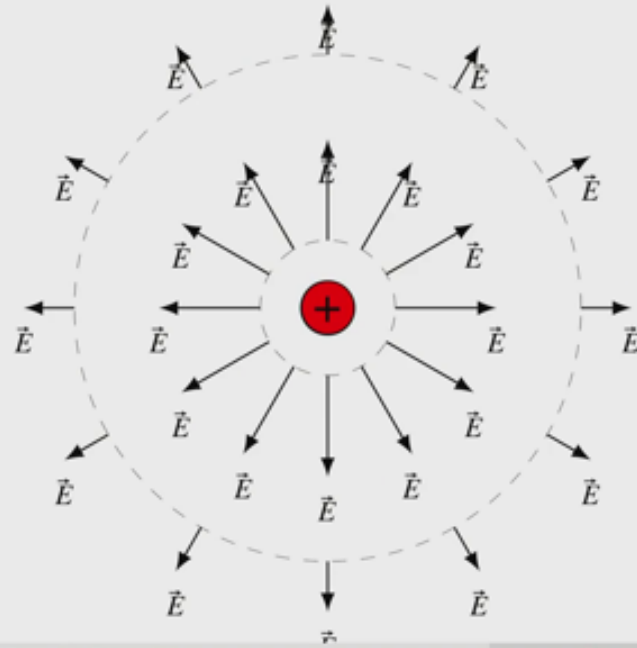
### résumé

17m 9s



## 1.1.1 Qu'est ce que la lumière ?

Considérons un charge électrique dans l'espace: elle "crée" un champ électrique  $\vec{E}$  radial autour d'elle



Alors, les bases, qu'est-ce que la lumière ?

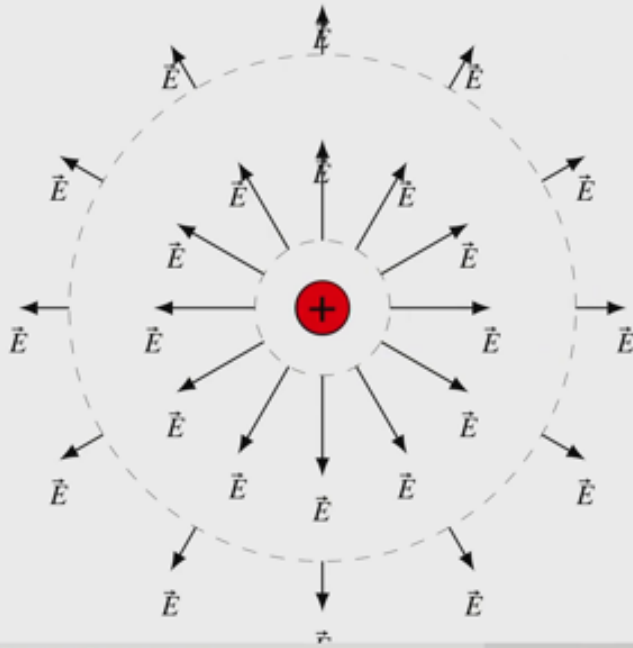
notes

résumé

18m 34s



# que la lumière ?

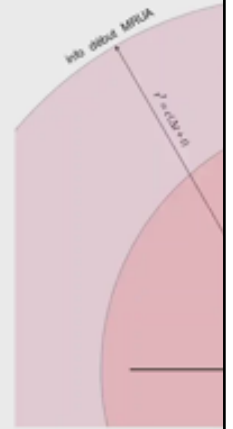


Physique Générale II

February 16, 2025

8 / 48

## 1.1.2 Une perturbation



Jean-Marie Fürbringer - EPFL

Je ne sais pas l'image que vous en faites, mais qu'est-ce que la lumière ? Donc on a mis très longtemps à savoir ce que était la lumière, maintenant on est assez content de la définition qu'on a de la lumière. Donc pour comprendre ce qu'est la lumière, il faut partir des charges. Alors là, j'ai mis au centre, j'ai mis le rouge, en plus j'ai mis un proton, général c'est les électrons qui sont responsables de ça, mais c'est égal. Comme vous avez une charge, la charge provoque un champ électrique, c'est vector, et que vous voyez s'échapper de l'endroit où vous avez la charge. Et puis c'est un champ qui est très important quand vous êtes près de la charge, et qui est moins important quand vous vous éloignez de la charge. Mais qu'est-ce qui se passe

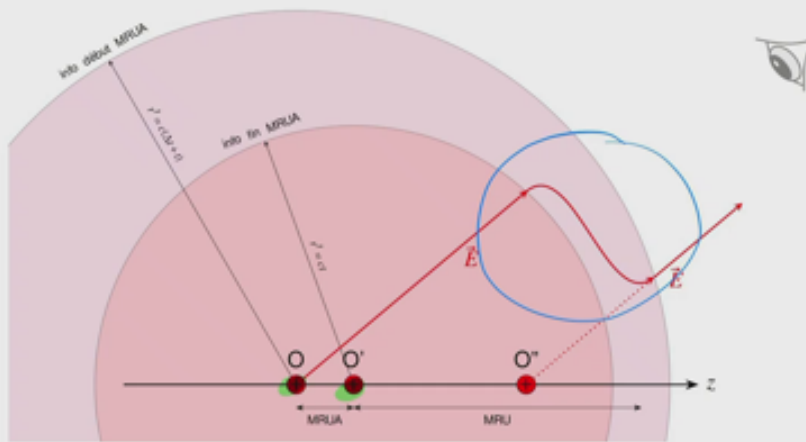
notes

résumé

18m 38s



## 1.1.2 Une perturbation du champ électromagnétique



On regarde ce qui se passe si la charge est accélérée entre  $O$  et  $O'$

quand une de ces charges est accélérée ? Donc vous avez ce champ électrique qui est autour de la charge, j'imagine un peu comme un oursin, ça part dans tous les sens. Vous voyez en haut prime le point-là, je pourrais peut-être utiliser mon pointeur, et puis on va accélérer, ça rejoint votre cours de mécanique que vous avez eu au premier semestre, donc on part depuis ici, et puis jusqu'à haut prime on va l'accélérer. Donc on a un MRUA, un mouvement rectiligne uniformément accéléré. Et puis après il se calme, il continue à la vitesse à laquelle il est arrivé au point haut prime, jusqu'au point au second. Et puis maintenant on dit que vous voyez l'œil de la personne, on l'observe beaucoup plus loin en réalité, donc là il y a des petits abus de dessin dans mon domographique. Que voit la personne qui est loin ? Alors au début elle voyait l'œil percevait le champ électrique qui radiait depuis l'origine haut. Mais pour que quand la particule se met à accélérer il faut un moment pour que cette information arrive jusqu'à la personne. Parce que les champs électriques se déforment, l'information se déplace à la vitesse de la lumière. Donc c'est pour ça que vous avez des arcs de cercle qui sont de différentes grandeurs. Donc ça veut dire que comme le point au prix mettaient avant dans le temps, c'est le cercle le rouge le plus léger qui représente ça. Et puis le deuxième, quand il arrête d'accélérer c'est le rouge le plus foncé. C'est le temps qui s'est déplacé sur une distance pendant un même temps. Donc ce qui veut dire qu'il y a une espèce, une discontinuité entre ce qu'on a observé avant qui s'accélère et pendant qui s'accélère. Et c'est cette déformation

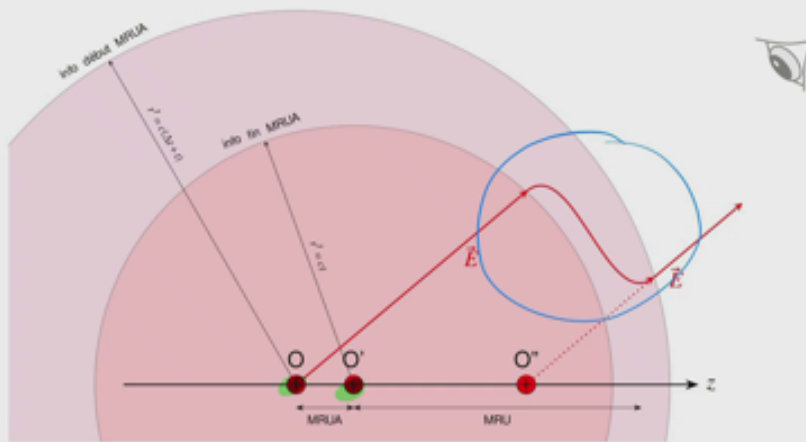
notes

résumé

19m 30s



## 1.1.2 Une perturbation du champ électromagnétique



On regarde ce qui se passe si la charge est accélérée entre  $O$  et  $O'$

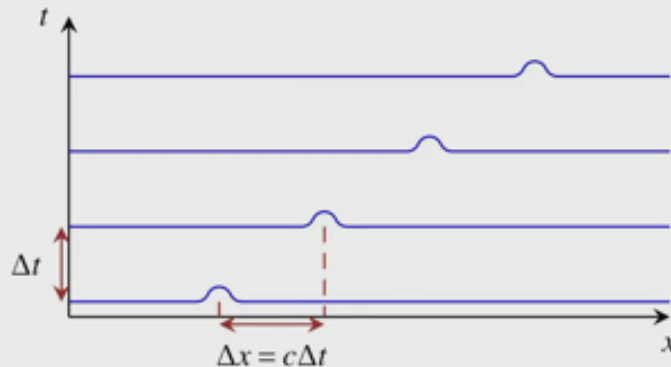
alors c'est vraiment expliqué avec les doigts, c'est cette déformation qu'est la lumière. La lumière est une perturbation du champ électrique. Et notre oeil est capable de le percevoir. C'est ça la lumière. Alors bien sûr qu'on a pas

notes

résumé



### 1.1.3 La perturbation provoque la formation d'une onde



Mais ça a été compris bien tard (fin XIX<sup>e</sup>) grâce aux travaux de James Maxwell, Heinrich Hertz et bien d'autres...mais avant de comprendre ce qu'était vraiment la lumière, l'humanité avait déjà commencé à l'utiliser et prédire certains de ses comportements:

on a pas on a pas on a pas découvert ça tout de suite on a mis longtemps. Donc ça c'est un dessin pour vous montrer la perturbation et puis la perturbation elle se déplace dans le temps. Donc vous avez la distance, le rayon la distance à laquelle je me situe et puis vous avez le temps verticalement pour montrer que la perturbation va. Donc c'est la même chose que quand vous avez une corde et puis vous lui faites une perturbation. Vous avez la perturbation qui va suivre la corde. C'est comme ça qu'en général on commence un cours sur les ondes pour parler aux gens de ce qui se passe. Bah en fait c'est la même chose pour la lumière mais c'est pas une corde qu'on a c'est le champ électrique qui est je veux pas le dire le rayonnement, ben sûrement le rayonnement c'est au moment où il y aurait perturbation mais c'est le champ électrique qui est émis par la particule qui a une perturbation à un moment parce que la particule est accélérée. Alors cette particule en général c'est l'électron. L'accélération elle se passe quand les électrons ils passent d'une orbitale à l'autre dans l'atome on va pas rentrer là dedans mais c'est ça qui provoque la lumière. Donc on a compris ça bien plus tard des noms que je mets là parce que j'aime bien mettre les noms de mes collègues, c'est pas mes collègues, ils étaient bien plus évolués je leur arrive pas à la cheville mais enfin ces gens là Maxwell, vous avez peut-être déjà entendu parler des équations de Maxwell, il a mis ensemble les équations qui permettent de comprendre comment les champs électriques et les champs magnétiques interagissent et c'est ça qui a permis d'arriver à ce type d'interprétation

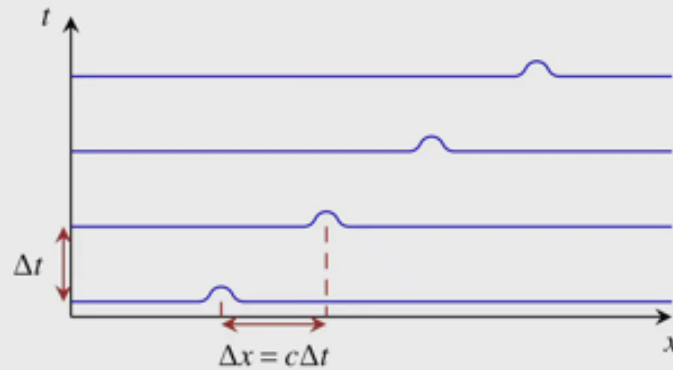
notes

résumé

22m 12s



### 1.1.3 La perturbation provoque la formation d'une onde



Mais ça a été compris bien tard ( fin XIX<sup>e</sup>) grâce aux travaux de James Maxwell, Heinrich Hertz et bien d'autres...mais avant de comprendre ce qu'était vraiment la lumière, l'*humanité* avait déjà commencé à l'utiliser et prédire certains de ses comportements:

Heinrich Hertz est la personne qui a vraiment réussi la première fois à provoquer des rayons électromagnétiques et des ondes radio, enfin on avait réussi avec le visible mais on n'arrivait pas tellement avec les ondes qui étaient moins visibles, il y a plein d'autres gens qui ont travaillé là dessus mais on a pas eu besoin de comprendre tout ça donc ça c'est la fin du 19e siècle, le début du 20e pour commencer à faire des choses, comme je vous le disais déjà les chinois avaient une théorie sur l'optique d'être un homme qui avait compris un certain nombre de choses et faisait un certain nombre de choses avec la lumière

notes

résumé

## 1.1.4 Quelques éléments de base

- La lumière est une onde électromagnétique
- Comportement ondulatoire (Huygens) et particulaire (Newton) → Physique quantique
- La lumière correspond à une partie du spectre électromagnétique,  $\lambda = \frac{c}{\nu}$  et  $400\text{nm} < \lambda_{\text{visible}} < 750\text{nm}$
- Fondamentalement la lumière est **polychromatique**: une plage dans le spectre
- Quand la plage est très étroite: lumière **monochromatique**
- Optique géométrique: aspects ondulatoires et quantiques négligeables ( $D \gg \lambda$ )

donc si on doit définir ce qu'est la lumière, la lumière est une perturbation c'est une onde électromagnétique qui vient d'une perturbation du champ électrique, il a un comportement ondulatoire, il y avait déjà quelqu'un qui a longtemps monsieur Wigan sur le prononce ma, j'espère il l'enviendrait parmi vous ou de flamands, lui il avait déjà une idée que ça se comportait comme une onde mais il a eu un quelqu'un qui avait une autre idée, c'était monsieur Newton qui pensait que c'était des particules et puis alors bon Newton a été pas mal important donc il avait de la peine à défendre ses idées et puis pendant pas mal d'années c'est surtout une onde, des fois il se comportait comme une onde, des fois il se comportait comme une particule puis la dernière chapitre de l'optique il a dit quantique, on arrive à expliquer qu'au fond c'était les deux choses des fois la lumière elle se comporte comme une onde et des fois elle se comporte comme une particule donc si on doit la définir une onde, on la définit avec une fréquence, donc son appel la lumière c'est une onde électromagnétique mais qui est dans une plage de fréquence entre 400 nanomètres et 750 nanomètres ça commence avec l'infrarouge puis ça va aller jusqu'à l'ultraviolet et puis c'est les couleurs que vous voyez dans l'arc-en-ciel donc normalement la lumière quand on excite un électron il s'excite un peu dans toutes les couleurs donc en général pas tout absolument mais je veux dire c'est assez rare que ce soit monochromatique donc en général la lumière elle est polychromatique donc ça veut dire que la fréquence que je cite il y en a plusieurs, il y a une plage peut être plus intense dans certaines moins intense dans d'autres et

### notes

### résumé

24m 37s



## 1.1.4 Quelques éléments de base

- La lumière est une onde électromagnétique
- Comportement ondulatoire (Huygens) et particulaire (Newton) → Physique quantique
- La lumière correspond à une partie du spectre électromagnétique,  $\lambda = \frac{c}{\nu}$  et  $400\text{nm} < \lambda_{\text{visible}} < 750\text{nm}$
- Fondamentalement la lumière est **polychromatique**: une plage dans le spectre
- Quand la plage est très étroite: lumière **monochromatique**
- Optique géométrique: aspects ondulatoires et quantiques négligeables ( $D \gg \lambda$ )

il y a tout un parti de la physique qui est d'analyser ça dans vos laboratoires de chimie je sais pas si vous avez déjà fait vous pouvez analyser le spectre de certains éléments et ça permet de savoir de quel molécule il s'agit est-ce que c'est un caraphe binoïde ou est-ce que c'est une autre type de particule et le spectre quand on excite des molécules on obtient des lumières on analyse les lumières quand la plage est très étroite on appelle ça de la lumière monochromatique c'est en général ce qu'on a dans les lasers elle n'est pas seulement monochromatique elle est aussi polarisée et cohérente rentrée plus tard dans ces définitions-là mais on peut avoir donc la lumière polychromatique plusieurs spectres assez larges plusieurs couleurs mélangées dedans et puis la lumière monochromatique je pense que vous savez que le blanc c'est justement un mélange de toutes ces couleurs c'est pour ça qu'on peut faire une démonstration prendre un un disque avec les couleurs de l'arc-en-ciel où le fait tourner très très vite vous allez voir que du blanc qui va atteindre une certaine vitesse parce qu'en fait le blanc c'est pas que les gens disent le blanc n'est pas une couleur c'est une mélange de toutes les couleurs voilà pour la plupart des situations qu'on a dans la vie courante au fond on n'a pas besoin de rentrer dans ces détails électromagnétiques, quantiques etc les aspects ondulatoires et quantiques sont pas nécessaires et on peut donc ouvrir le chapitre de l'optique géométrique lorsque les dimensions c'est une dimension quelconque de laquelle on parle elle est beaucoup plus grande que la longueur d'ondes on viendra sur ces choses là mais la longueur d'ondes quand vous avez une onde sinusoïdale c'est la distance dans l'espace entre deux nœuds par

### notes

### résumé

## 1.1.4 Quelques éléments de base

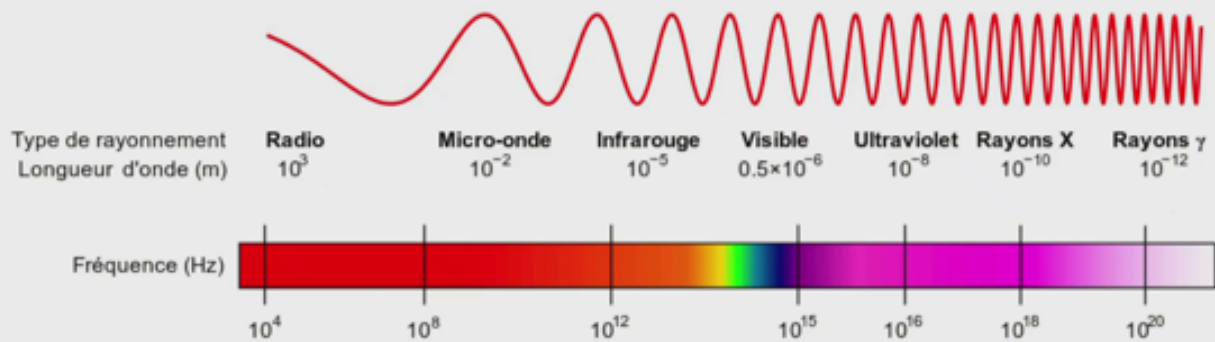
- La lumière est une onde électromagnétique
- Comportement ondulatoire (Huygens) et particulaire (Newton) → Physique quantique
- La lumière correspond à une partie du spectre électromagnétique,  $\lambda = \frac{c}{\nu}$  et  $400nm < \lambda_{visible} < 750nm$
- Fondamentalement la lumière est **polychromatique**: une plage dans le spectre
- Quand la plage est très étroite: lumière **monochromatique**
- Optique géométrique: aspects ondulatoires et quantiques négligeables ( $D \gg \lambda$ )

exemple de la... de votre onde chaque fois que l'onde va arriver à la même valeur

notes

résumé

## 1.1.5 Spectre électromagnétique



Ce qu'on nomme lumière est une onde électromagnétique dont la **fréquence  $f$**  se situe entre 430 THz et 770 THz

voilà quand même une vision du spectre qui illustre ce que j'ai dit vous avez la partie visible mais vous avez des longueurs d'ondes très longues on a les ondes radios ça peut être parfois d'ondes métriques parce que vous voyez que vous avez des longueurs d'ondes lors du kilomètre pour réchauffer votre repas à midi vous utilisez probablement le micro-ondes on l'utilise pour plein de choses typiquement pour réchauffer votre déjeuner c'est parce qu'on l'utilisait d'abord pour les radars et quelqu'un a laissé sa plaque de chocolat sur le radar qui a fondu c'est comme ça plus ou moins il n'y a pas eu 30, 40 ans pour que le four à micro-ondes existent mais ça a été inventé dans les années par radar je ne sais pas si vous connaissez ce terme c'est rendipité ça fait partie de ces choses qu'on a découvert sans faire exprès si on voulait dire les choses on a vu quelque chose on faisait autre chose on a vu des radars et tout d'un coup on s'est rendu compte qu'il y avait un effet on ne voyait pas que des avions on voyait aussi le chocolat fondre donc on a utilisé ça le mot c'est rendipité et la science est pleine de petits trucs comme ça voilà ce que vous pouvez aussi observer là-dessus donc c'est qu'on parle des fois soit de la longueur d'ondes soit de la fréquence il y a une correspondance si vous restez à un endroit donné vous vérifiez dans le temps comment ça aussi puis si vous vous déplacez vous voyez aussi l'ossiation de l'onde donc il y a une manière de regarder temporelle une manière de regarder géométrique donc c'est pour ça en général dans la partie géométrique on aime bien parler de la longueur d'ondes et

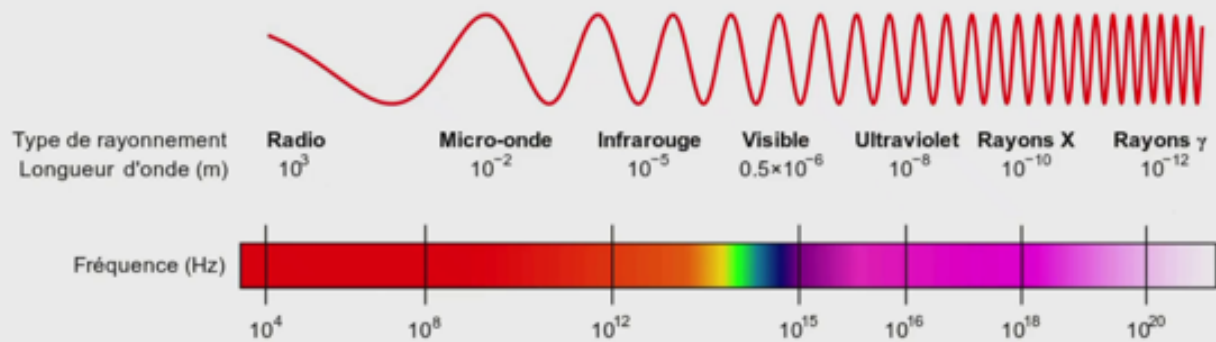
### notes

### résumé

28m 34s



## 1.1.5 Spectre électromagnétique



Ce qu'on nomme lumière est une onde électromagnétique dont la **fréquence  $f$**  se situe entre 430 THz et 770 THz

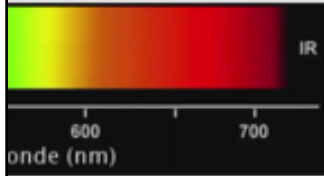
puis dans la partie temporelle on pourrait parler de la période mais on parle pas de la période on parle de la fréquence donc le fait quand vous multipliez l'un par l'autre ça fait la vitesse de la lumière  $c$  c'est ça qui est assez pratique

notes

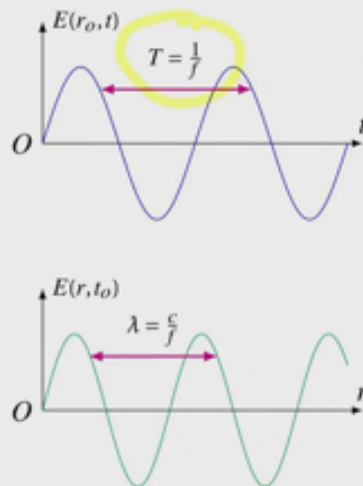
résumé



# longueur d'onde)



longueur d'onde:  $\lambda = \frac{f}{c}$



## 1.1.7 Spectre visible

Couleur
Violet
Bleu
Vert
Jaune
Orange
Rouge

$$c = \lambda \times f$$

donc voilà le spectre visible que je vous ai dit entre 400 et 700 j'ai aussi voulu représenter, est-ce que je viens de vous dire donc ça veut dire que ce côté oscillatoire il touche l'aspect temporel et l'aspect géométrique je redis que j'ai dit avant soit vous êtes à un endroit puis vous regardez comment votre champ électrique est en train de varier au cours du temps vous restez au même endroit donc là on parle de fréquence ce qu'on voit ou on parle de laps de temps donc c'est pour ça que vous avez ici T, la période est égal à 1 sur F, la fréquence des fois elle a la lettre nu aussi pour la fréquence suivant ce que vous regardez et puis vous pouvez aussi regarder les choses en vous déplaçant en vous éloignant de la source et vous allez aussi voir la même oscillation elle va perdre en intensité mais l'oscillation est la même et à ce moment là on parle de longueur d'onde on aime bien mettre la lettre lambda pour la longueur d'onde c'est L pour longueur lambda et puis vous voyez que je l'ai représenté c'est deux positions identiques dans votre signal c'est comme ça que vous le représentez et puis quelque chose qui est pas mal à vous souvenir c'est ça, c'est que  $\lambda F$  est égal à C voilà c'est quelque chose que ça vaut la peine de mémoriser c'est souvenir que la vitesse de la lumière c'est le produit de sa longueur d'onde par sa fréquence qui fait que si vous avez un vous avez forcément l'autre, puisque vous savez il y a une énoncé mais je pense que vous le savez la vitesse de la lumière est une constante de la physique elle est toujours la même

### notes

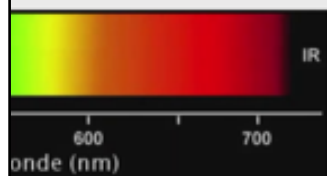
### résumé

30m 44s

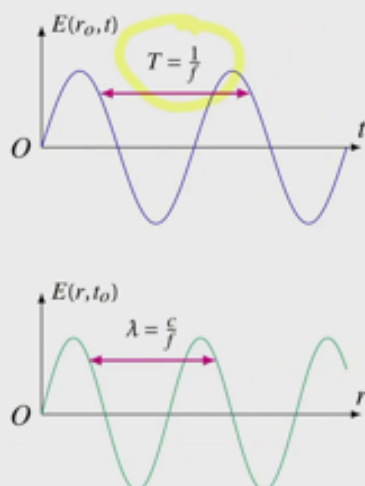




# longueur d'onde)



longueur d'onde:  $\lambda = \frac{c}{f}$



## 1.1.7 Spectre visible

Couleur
Violet
Bleu
Vert
Jaune
Orange
Rouge

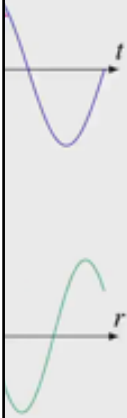
$$c = \lambda \times f$$

chose 300 000 km par seconde

notes

résumé

## 1.1.7 Spectre visible



Couleur		Longueur d'onde	Fréquence
Violet		380 à 450 nm	725 THz
Bleu		450 à 490 nm	640 THz
Vert		490 à 570 nm	565 THz
Jaune		570 à 585 nm	520 THz
Orange		585 à 620 nm	500 THz
Rouge		620 à 670 nm	465 THz

$$c = \lambda \times f = 600 \text{ nm} \times 500 \text{ THz} = 3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

et puis c'est juste un slide pour vous montrer les différentes couleurs

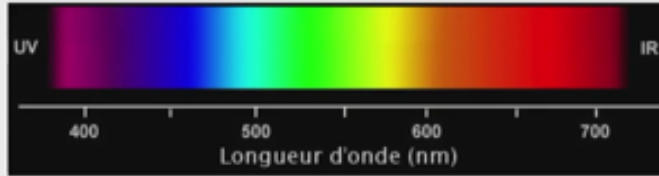
notes

résumé

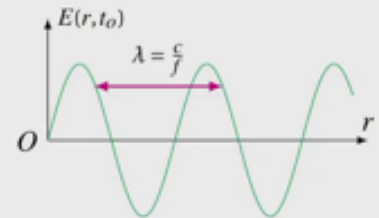
32m 38s



## 1.1.6 Spectre visible (longueur d'onde)



On peut aussi se référer à la **longueur d'onde**:  $\lambda = \frac{c}{f}$



alors il y a eu un décalage qui est une erreur donc c'est le produit donc celui qui a eu une erreur c'est celui-là merci

notes

résumé

32m 50s



## 1.1.7 Spectre visible

Couleur		Longueur d'onde	Fréquence
Violet		380 à 450 nm	725 THz
Bleu		450 à 490 nm	640 THz
Vert		490 à 570 nm	565 THz
Jaune		570 à 585 nm	520 THz
Orange		585 à 620 nm	500 THz
Rouge		620 à 670 nm	465 THz

$$c = \lambda \times f = 600 \text{ nm} \times 500 \text{ THz} = 3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

pour garder les unités donc vous avez vous avez le F c'est des par seconde et puis le lambda c'est des mètres donc ça veut dire quand vous me disiez des mètres par des par seconde ça veut dire des mètres par seconde d'une vitesse merci beaucoup

notes

résumé

33m 6s



## Spectre visible

## 1.1.8

Couleur		Longueur d'onde	Fréquence
Violet		380 à 450 nm	725 THz
Bleu		450 à 490 nm	640 THz
Vert		490 à 570 nm	565 THz
Jaune		570 à 585 nm	520 THz
Orange		585 à 620 nm	500 THz
Rouge		620 à 670 nm	465 THz

$$c = \lambda \times f = 600 \text{ nm} \times 500 \text{ THz} = 3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

- L'opti dans
- Le st
- Conr
- Conr
- Conr (965-
- Conr indire
- Utilis Verm
- Le st ligne

alors premier objet

notes

résumé

33m 24s



## 1.1.8 La camera obscura - le stenopé

- L'optique géométrique s'intéresse à la **propagation de la lumière dans les milieux transparents**
- Le **stenopé** est probablement le plus vieux dispositif optique
- Connu des chinois: Mo Ti, 479-392 av. J.-C
- Connu des grecs: Livre XV des *problèmes* d'Aristote
- Connu des arabes: *Épître sur la forme de l'éclipse*, Ibn al-Haytham (965-1040),
- Connu en Europe depuis la renaissance pour observer indirectement les éclipses: Roger Bacon (1219-1292)
- Utilisé dans les arts graphiques : Leonardo da Vinci (1452-1519), **Vermeer**
- Le stenopé démontre que **les rayons lumineux se propagent en ligne droite dans un milieu homogène**



comme je vous disais on n'a pas eu besoin de on n'a pas eu besoin de tout comprendre avant de commencer à réfléchir et donc je n'ai pas le dessin mais j'avais trouvé sur internet un dessin les chinois on trouve déjà dans des vieux manuscrits chinois des dessins de la caméra oscura donc là vous avez, il y a encore des passionnés il y a un produit moderne où on a fait une caméra oscura c'est l'appareil de photo de base ça veut dire qu'il y a juste ici un tout petit trou d'environ je pense un 10ème de millimètre donc c'est une caméra oscura donc ça veut dire que c'est obscur et puis voilà il y a rien d'autre et puis là on va mettre une plaque photographique sensible et puis à un moment donné on va dire souriez on va laisser un certain temps et puis voilà la photo est faite il faut aller la développer donc on peut vous montrer que je raconte pas que des bêtises, je raconte mais je ne fais pas que ça voilà une caméra oscura elle ne fait pas maison parce que c'est pierre notre et puis moi je dois faire encore quelque chose je dois choisir la caméra donc et puis je dois faire 6 je crois pour que ce qui est filmé voilà c'est ce qui est donc vous voyez un petit numéro donc le 11 c'est juste une caméra donc vous pouvez oublier le vous pouvez oublier le 11 et puis vous voyez c'est l'objet l'objet c'est un petit chevalet sur lequel c'est marqué 18 donc j'enlève ça et puis vous pouvez voir l'objet et bien je peux le reproduire dans ma caméra oscura donc ma caméra oscura c'est une paroi avec un petit trou là il est

### notes

### résumé

33m 25s



## 1.1.8 La camera obscura - le stenopé

- L'optique géométrique s'intéresse à la **propagation de la lumière dans les milieux transparents**
- Le **stenopé** est probablement le plus vieux dispositif optique
- Connu des chinois: Mo Ti, 479-392 av. J.-C
- Connu des grecs: Livre XV des *problèmes* d'Aristote
- Connu des arabes: *Épître sur la forme de l'éclipse*, Ibn al-Haytham (965-1040),
- Connu en Europe depuis la renaissance pour observer indirectement les éclipses: Roger Bacon (1219-1292)
- Utilisé dans les arts graphiques : Leonardo da Vinci (1452-1519), **Vermeer**
- Le stenopé démontre que **les rayons lumineux se propagent en ligne droite dans un milieu homogène**



un petit peu plus épais ça va donner une image peut-être moins à l'isole j'ai besoin de beaucoup de lumière pour que ça marche et vous pouvez voir que sur le fond alors on a mis un papier un peu hop il faut que vous voyez quelque chose voilà on a mis un papier calque pour qu'on voie aussi ce qu'il y a l'autre côté du papier pour pas vous arrivez pas vous faire rentrer tous dans cette petite boîte et vous voyez que on voit l'image du 18 inversé la petite partie blanche que vous voyez en-dessous c'est une partie du socle sur lequel est contenu donc on est capable de reproduire une image donc voilà ce qu'est une caméra obscura c'est vraiment le plus vieux du moins le plus vieux qu'on connaisse appareil optique c'est très très simple c'est simplement une paroi avec un orifice et en fait ça permet de faire une image sur une paroi, sur un écran sur l'écran alors maintenant je suis assez curieux de voir à quoi ressemblera la vidéo je bouge d'un endroit à l'autre ça va être assez si jamais il y a une cuvette pas trop loin quand vous regardez la vidéo si jamais ça vous tourne donc un très ça a été utilisé pour différentes choses ça a permis par exemple de faire des observations astronomiques pour voir par exemple le soleil si vous regardez le soleil directement c'est très difficile là vous vous rendez bien compte que vous perdez un petit peu de luminosité donc c'était intéressant pour observer le soleil par exemple si on voulait observer des explosions solaires ça pourrait être un moyen tout à fait possible et pas cher pour regarder les explosions sur le soleil un autre nom de cet objet ça s'appelle

### notes

### résumé



## 1.1.8 La camera obscura - le sténopé

- L'optique géométrique s'intéresse à la **propagation de la lumière dans les milieux transparents**
- Le **sténopé** est probablement le plus vieux dispositif optique
- Connu des chinois: Mo Ti, 479-392 av. J.-C
- Connu des grecs: Livre XV des *problèmes* d'Aristote
- Connu des arabes: *Épître sur la forme de l'éclipse*, Ibn al-Haytham (965-1040),
- Connu en Europe depuis la renaissance pour observer indirectement les éclipses: Roger Bacon (1219-1292)
- Utilisé dans les arts graphiques : Leonardo da Vinci (1452-1519), **Vermeer**
- Le sténopé démontre que **les rayons lumineux se propagent en ligne droite dans un milieu homogène**



en français un sténopé il était connu par quasiment toutes les civilisations je voulais vous dire aussi que les artistes ont utilisé ça ça leur permettait sur l'écran parce qu'au fond qu'est-ce que ça fait physiquement vous avez une scène en trois dimensions nous on a deux yeux et on voit les perspectives donc ce qui est intéressant dans le sténopé c'est qu'il va projeter sur un espace à deux dimensions une scène donc on va transformer du 3D en 2D et c'est ce que les artistes aiment bien faire quand tu fais une peinture c'est ce qu'ils vont faire donc ça permet aux artistes d'utiliser ça pour mieux comprendre comment organiser leur dessin et respecter la perspective, respecter la scène puis après il y a l'aspect artistique qui vont rajouter les choses qui leur plaît mais il y a pas mal de peintres qui ont utilisé ça on sait que Leonard de Vinci a fait ça et Vermeer donc là vous avez un est-ce que ça va se passer non ça va pas se passer mais si vous allez dans votre slide et puis que vous regardez et que Vermeer montre comment Vermeer a utilisé le sténopé si ça vous intéresse vous en apprendrez un peu plus sur Vermeer et sur l'utilisation qu'il a fait du sténopé donc qu'est-ce qu'on apprend avec le sténopé entre autres c'est que les rayons se déplacent en une ligne droite alors ça c'est vrai vous savez en faisant le gag on pourrait dire juste à ce qu'Hannstein arrive Hannstein a réussi à montrer en fait les rayons sont quand même déformés, déplacés par la gravité mais dans les dimensions qui nous intéressent pour une optique sur Terre comme ça tant qu'on fait pas de l'astronomie particulière c'est considéré que les rayons sont en

### notes

### résumé



## 1.1.8 La camera obscura - le sténopé

- L'optique géométrique s'intéresse à la **propagation de la lumière dans les milieux transparents**
- Le **sténopé** est probablement le plus vieux dispositif optique
- Connu des chinois: Mo Ti, 479-392 av. J.-C
- Connu des grecs: Livre *XV* des *problèmes* d'Aristote
- Connu des arabes: *Épître sur la forme de l'éclipse*, Ibn al-Haytham (965-1040),
- Connu en Europe depuis la renaissance pour observer indirectement les éclipses: Roger Bacon (1219-1292)
- Utilisé dans les arts graphiques : Leonardo da Vinci (1452–1519), **Vermeer**
- Le sténopé démontre que **les rayons lumineux se propagent en ligne droite dans un milieu homogène**



ligne droite ça fonctionne très très bien

notes

résumé

# La lumière se propage en ligne droite dans un milieu homogène

En sciences criminelles, cela permet, par exemple, de déterminer l'angle de tir d'une arme à feu. Ça permet aussi de faire des relevés d'une scène de crime à l'aide d'un scanner laser.



pour les sciences criminelles c'est quand même très très intéressant d'avoir quelque chose qui se déplace en ligne droite donc ça permet de faire des études balistiques dans tous les mauvais ou même les bons séries policières si on veut savoir d'où on a tiré on prend un laser et puis on se met sur la personne et puis où elle était et puis d'où est arrivé la balle et puis on découvre que c'était madame Moutarde dans la cuisine avec un tromblon qui a exécuté son mari on utilise aussi les rayons lumineux pour scanner une scène donc il y a des scanner 3D de scène de crime j'ai essayé de trouver une petite vidéo sympa mais j'ai trouvé des tas de produits donc on voulait me vendre des tas de produits mais j'ai pas trouvé de vidéos sympa à vous montrer mais c'est vraiment très très efficace nous on a utilisé ça il y a quelques années avec des étudiants de l'EPFL et un ami passionné par l'aviation on a refait un vieil avion le faux du faux il y a un petit exercice que je vous présenterai quand on fera la thermo dynamique qui parle de cet avion là c'est un des premiers avions qui a volé en Suisse il a traversé la Clément en 1909 il n'y a plus les plans donc ce qu'on a fait on a été au musée des transports où il y a un exemplaire et puis on l'a scanner et on a vraiment pu scanner cet avion et on avait ensuite un modèle 3D on a utilisé CAD je sais pas si vous avez déjà entendu parler de ces outils ces outils qui permettent de faire des représentations 3D d'objets très complexes et puis à partir de ça on a pu

## notes

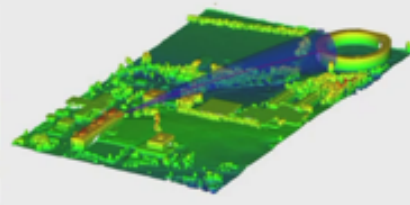
## résumé

39m 50s



# La lumière se propage en ligne droite dans un milieu homogène

En sciences criminelles, cela permet, par exemple, de déterminer l'angle de tir d'une arme à feu. Ça permet aussi de faire des relevés d'une scène de crime à l'aide d'un scanner laser.



refaire les plans de l'avion et on a reconstruit l'avion on n'a pas volé avec mais on a reconstruit l'avion donc on utilise beaucoup cet aspect que la lumière

notes

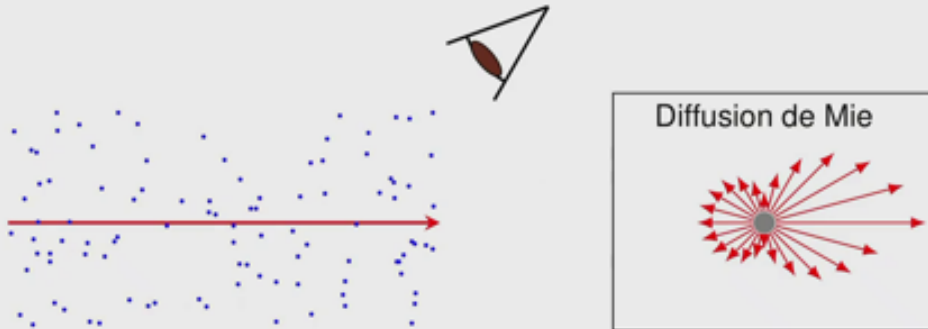
résumé

## Commentaire: Comment voir un rayon?

Pour que le cheminement du rayon soit visible, il faut

- un élément diffusant (fumée, particules, gouttelettes)...
- et observer le rayon en direction de sa provenance.

La diffusion (de Mie) a un maximum vers l'avant..



se déplace en ligne droite par contre il y a quelque chose de assez particulier avec la lumière c'est pour la voir quand c'est qu'on voit la lumière est-ce qu'on voit un rayon lumineux je vais allumer là mais pas de problème ça vous arrive pas dessus donc voilà là il y a un rayon lumineux vous pouvez voir on vous retournant qu'il vise un écran là au milieu et vous le voyez pas traverser en fait le rayon lumineux on le voit quand il arrive sur une cible mais on le voit pas traverser quand c'est qu'on le voit ben par exemple si vous aimez les effets en photo et ben désolé pour vous peut-être que ... voilà excusez moi là vous voyez qu'on peut le voir et ceux qui sont en haut le voient beaucoup mieux que ceux qui sont en bas parce qu'il y a quelque chose qu'on appelle la diffusion de mi qui est représenté dans le petit schéma qui est là la diffusion a lieu plutôt vers l'avant que vers l'arrière donc les rayons lumineux on va les voir finalement si ils vont choquer une particule puis c'est ça qui va provoquer une diffusion donc si vous le voyez pas parce que même s'il y a beaucoup de molécules d'azote et d'oxygène ça suffit pas à le rendre visible par contre dès que vous en fumez vos étudiants et ben c'est tout à fait possible en plus si vous avez arrêté de fumer cette semaine je suis désolé

### notes

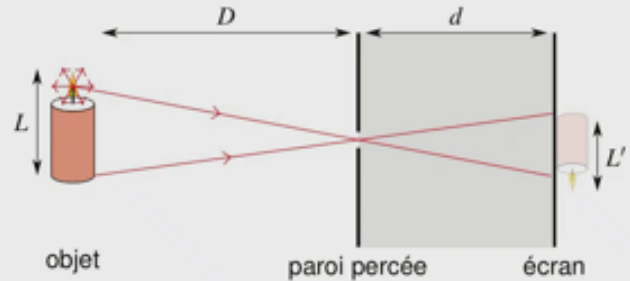
### résumé

41m 41s



## 1.1.11 Principe du sténopé

- Vue 2D d'un phénomène en 3D
- De chaque point à la surface de l'objet des rayons lumineux sont émis dans toutes les directions possibles
- Les rayons alignés avec l'orifice sont les seuls à traverser la paroi et à entrer dans la camera obscura
- Une **image réelle** de l'objet est ainsi formée sur l'écran
- La taille de l'image par rapport à celle de l'objet dépend de  $D$  et  $d$ :



$$L' = L \frac{d}{D} \quad (1.1)$$

Venaient à comment fonctionne le sténopé je vous ai dit qu'il s'agissait d'une paroi avec un orifice donc ce qui va nous intéresser c'est par exemple la grandeur de l'image par rapport à la grandeur de l'objet je sais pas si vous avez au courant des suivis ça vous a intéressé d'un autre mais quand Galilée a commencé à regarder la lune et a commencé à regarder Jupiter des gens l'ont dit mais vous êtes vraiment sûr que ce que vous voyez dans votre lunette c'est vraiment ce qui est dans la réalité ce qui est le cas Kepler quelques années avant avait analysé avait bien montré que ce qu'on voyait c'était une image mais qu'en fait c'était fidèle par rapport à la l'objet donc là on va s'intéresser à la taille de l'objet et on va aussi s'intéresser à sa netteté voilà de manière de parler un petit peu d'optique de commencer à parler d'optique alors il y a un petit peu de vocabulaire il y a un petit concept qui va quand même parfois un petit peu vous embêter c'est est ce que l'image est réelle ou elle est virtuelle eh ben je vous raconterai ça quand vous reviendrez de la pause comme je vous ai dit je continue le cours pendant une demi heure et dans une demi heure à ma collègue Olga va venir parler un petit peu de l'intérêt des cartes mentales pour les exercices pour apprendre la physique donc j'étais avec la l'explication je vous ai laissé au début de la pause avec l'explication de ce terme qu'on est l'image réelle en fait quand on a la caméra au scoura l'image elle est sur un écran donc ça c'est quelque chose à se souvenir quand l'image vous avez l'objet vous comprenez ce que c'est

notes

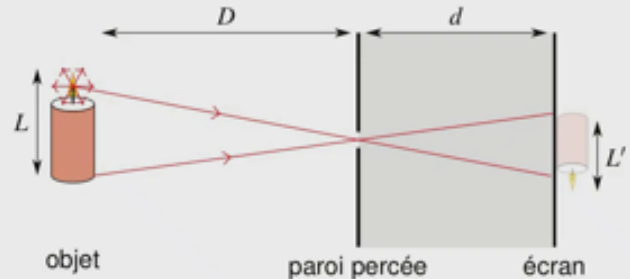
résumé

43m 45s



## 1.1.11 Principe du sténopé

- Vue 2D d'un phénomène en 3D
- De chaque point à la surface de l'objet des rayons lumineux sont émis dans toutes les directions possibles
- Les rayons alignés avec l'orifice sont les seuls à traverser la paroi et à entrer dans la camera obscura
- Une **image réelle** de l'objet est ainsi formée sur l'écran
- La taille de l'image par rapport à celle de l'objet dépend de  $D$  et  $d$ :



$$L' = L \frac{d}{D} \quad (1.1)$$

que l'objet et puis je suis en train de produire quelque chose avec cet objet c'est une image et cette image elle peut avoir une ou l'autre caractéristique elle est en train de la mettre sur un écran on estime que c'est une image réelle réelle et une autre manière de voir les choses c'est-à-dire les rayons de lumière arrivent jusqu'à l'image réelle par contre vous pouvez avoir des images qui sont virtuelles donc regardez ces dispositifs alors je dois l'expliquer pour ceux qui sont loin ou le le déplacer un tout petit peu vous avez une balle bleue qui est derrière là et puis vous voyez maintenant j'arrive à la rendre visible juste en-dessous de ceux qui sont là peuvent témoigner peuvent dire que je ne dis pas des mensonges elle elle doit la voir donc ça c'est une image virtuelle je peux aussi vous montrer un petit cochon donc vous pouvez aussi descendre en fait le petit cochon il est là au fond il a été positionné au fond et puis avec le système de miroir j'ai recréé un petit cochon en surface mais je peux pas l'attraper il est pas là c'est une image virtuelle et ça vous ne pouvez pas l'envoyer sur un écran vous pouvez pas la visualiser sur un écran une image virtuelle donc on est dans l'explication de la dans l'explication de la caméra oscura vous voyez l'objet une petite bougie qui émet de la lumière donc on s'intéresse d'où vient après c'est clair vous avez l'objet qui peut être lui-même la lumière réfléchie qui vient d'ailleurs et là on s'intéresse à la flamme qui elle produit de la lumière donc c'est l'objet c'est plutôt le même si tout est reflété l'explication elle marche presque plus pour la flamme que pour le reste

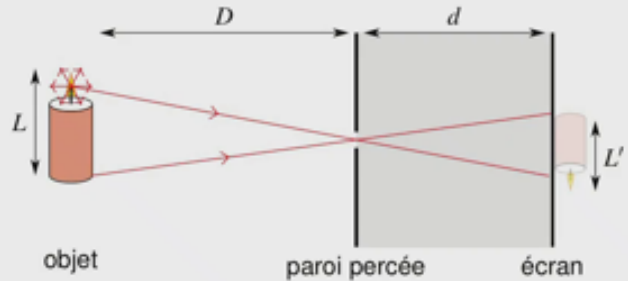
### notes

### résumé



## 1.1.11 Principe du sténopé

- Vue 2D d'un phénomène en 3D
- De chaque point à la surface de l'objet des rayons lumineux sont émis dans toutes les directions possibles
- Les rayons alignés avec l'orifice sont les seuls à traverser la paroi et à entrer dans la camera obscura
- Une **image réelle** de l'objet est ainsi formée sur l'écran
- La taille de l'image par rapport à celle de l'objet dépend de  $D$  et  $d$ :



$$L' = L \frac{d}{D} \quad (1.1)$$

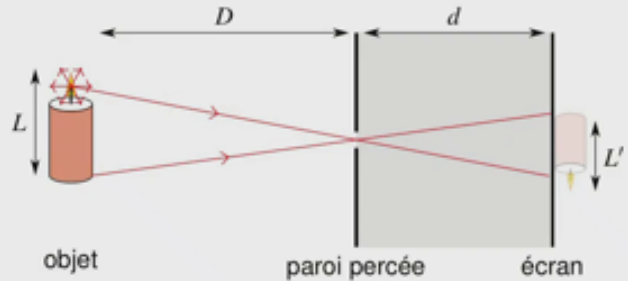
donc vous avez une bougie qui a une hauteur  $L$  et puis vous avez un dispositif avec votre bougie comme le 18 ici dans la caméra obscura je vous ai montré avant elle est à une distance grande de l'horifice et puis la caméra obscura elle a sa profondeur petite idée alors vous voyez la dimension de la bougie elle va être déterminée par les rayons extrêmes qui vont se croiser à l'horifice donc c'est pour ça que l'horifice doit être tout petit parce qu'il faut vraiment qu'il se croise au travail il y en a plusieurs qui vont se croiser puis vous avez une image qui sera pas précise qui sera floue qui sera floue donc là j'ai présenté le dessin parfait après je vous montrerai la réalité derrière ce dessin parfait avec un rayon qui vient du haut de la bougie et puis qui va jusqu'à l'image en bas de la bougie et puis un qui vient du bas de la bougie puis qui va aller en haut parce que j'ai mon image qui est inversée dans la caméra obscura j'inverse les images et puis vous vous souvenez de votre géométrie au collège parce que ça vous a passionné vous n'avez plus jamais rien oublié de vos courtes géométries il y a des choses qu'on appelle les triangles semblables il y a des choses qu'on appelle le théorème de Thalès il y a un slide qui le rappelle donc là vous voyez que les deux triangles qui se touchent de la tête à l'horifice en fait c'est des triangles semblables parce que vous avez les côtés qui sont confondus ils sont parallèles mais enfin ils sont confondus donc ça veut dire qu'il y a vous pouvez utiliser le théorème de Thalès pour dire

### notes

### résumé

## 1.1.11 Principe du sténopé

- Vue 2D d'un phénomène en 3D
- De chaque point à la surface de l'objet des rayons lumineux sont émis dans toutes les directions possibles
- Les rayons alignés avec l'orifice sont les seuls à traverser la paroi et à entrer dans la camera obscura
- Une **image réelle** de l'objet est ainsi formée sur l'écran
- La taille de l'image par rapport à celle de l'objet dépend de  $D$  et  $d$ :



$$L' = L \frac{d}{D} \quad (1.1)$$

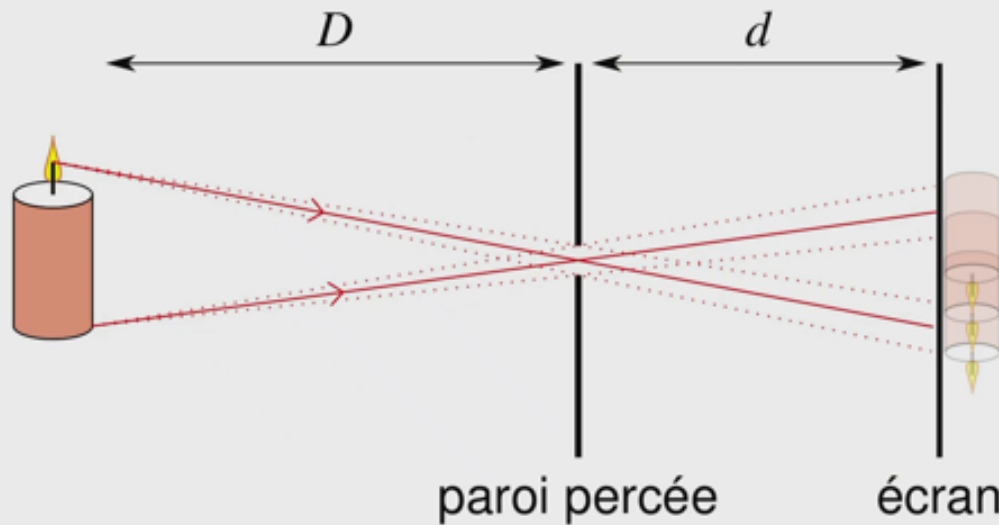
que la relation entre grand  $L$  et grand  $D$  est la même qu'entre  $L'$  et petit  $d$  donc ça veut dire que si vous avez petit  $d$  qui se rapproche mais vous aurez une image qui va être plus petite si vous avez un petit  $d$  qui s'augmente vous pouvez même imaginer qu'il est plus grand  $D$  si on a assez de lumière c'est possible on va avoir une image qui va être agrandie donc vous avez une première loi la première équation de votre cours 1.1 en général quand je note les équations il faut que vous appreniez par coeur mais ça veut dire que autrement des fois il y a des équations qui apparaissent dans les calculs que je fais il faut aussi les comprendre mais je veux dire elles sont moins centrales donc là vous avez une relation entre votre image de la hauteur de l'image, la dimension de l'image  $L'$  et puis la dimension de l'objet  $L$  c'est à dire que par rapport elles sont multipliées il y a un ratio entre eux qui est le rapport des distances entre la distance de l'objet elle dépasse la distance de l'orifice à l'écran divisé par la distance de l'objet à l'orifice c'est une simple règle de proportion qui vient du théorème de Thalès et dans le théorème de Thalès vous avez besoin de parallèles donc là les parallèles que vous avez c'est la paroi de l'orifice et la paroi de l'écran et puis vous pouvez dessiner votre triangle semblable et suivre les différentes proportions

notes

résumé



## 1.1.12 De quoi va dépendre la netteté de l'image?



maintenant on s'intéresse un peu à la précision on va voir si l'image va être nette je vous l'ai dit il faut que l'horifice soit très petit parce que regardez sur mon dessin, là en pointillé j'ai chaque fois dessiné la possibilité j'avais pris d'abord le rayon qui passait par le milieu de l'horifice mais ensuite là j'ai dessiné le rayon qui passe soit par la position supérieure de l'horifice soit par la position inférieure de l'horifice et donc tous ces rayons peuvent se croiser finalement et se retrouver sur l'écran à des positions différentes donc c'est pour ça que sur l'écran j'ai représenté les images extrêmes j'ai représenté 3 images, celles du centre et puis les extrêmes mais en fait c'est une continuité d'image qui va se faire vous comprenez bien que vous n'allez pas avoir si vous avez un orifice d'un centimètre où tout va se déplacer peut-être que si c'est pour regarder le soleil peut-être qu'un orifice d'un centimètre vous verrez quelque chose mais autrement vous verrez rien il faut vraiment qu'il soit très très très très petit je ne peux pas vous dire de taille du rayon parce que les rayons de lumière ils n'ont pas de taille le rayon de lumière ça n'existe pas c'est une vision de l'esprit qu'on a en rayon mais on doit avoir seulement la partie du flux qui est diffusée depuis la source lumineuse la plus petite possible pour que vous ayez une image qui se forme alors on peut essayer de

### notes

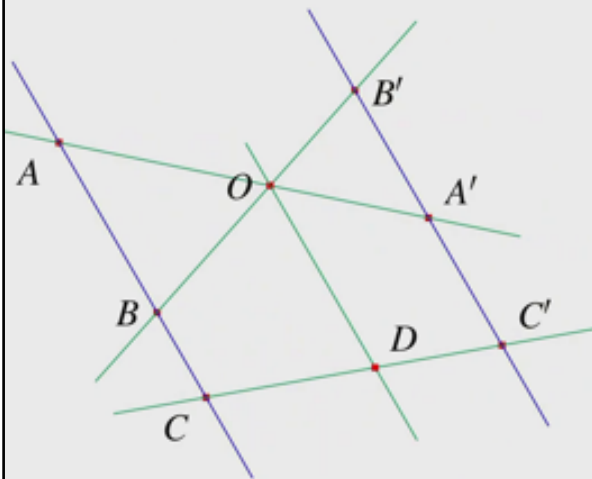
### résumé

52m 54s



# Quelques rappels de géométrie

## 1.1.14 M



Triangles semblables:

$$\frac{|AB|}{|A'B'|} = \frac{|AO|}{|A'O|} = \frac{|BO|}{|B'O|}$$

Théorème de Thales:

$$\frac{|AO|}{|OA'|} = \frac{|CD|}{|DC'|} = \frac{|BO|}{|B'O|}$$

- a) Calculer le point
- b) Est-ce

de calculer alors là je vous ai remis un slide qui vous rappelle les triangles semblables et puis le théorème de Thales je vais pas m'étaler là dessus mais donc le triangle de Thales il dit que si vous avez 3 parallèles vous avez la possibilité entre les différents segments qui sont coupés par ces parallèles de faire des rapports qui sont égaux et puis les triangles semblables c'est basé sur la même chose je ne sais pas qui je me souviens plus qui vient la démonstration si on fait d'abord les triangles semblables qui ne sont pas réellement pas réellement dans le cours de géométrie

notes

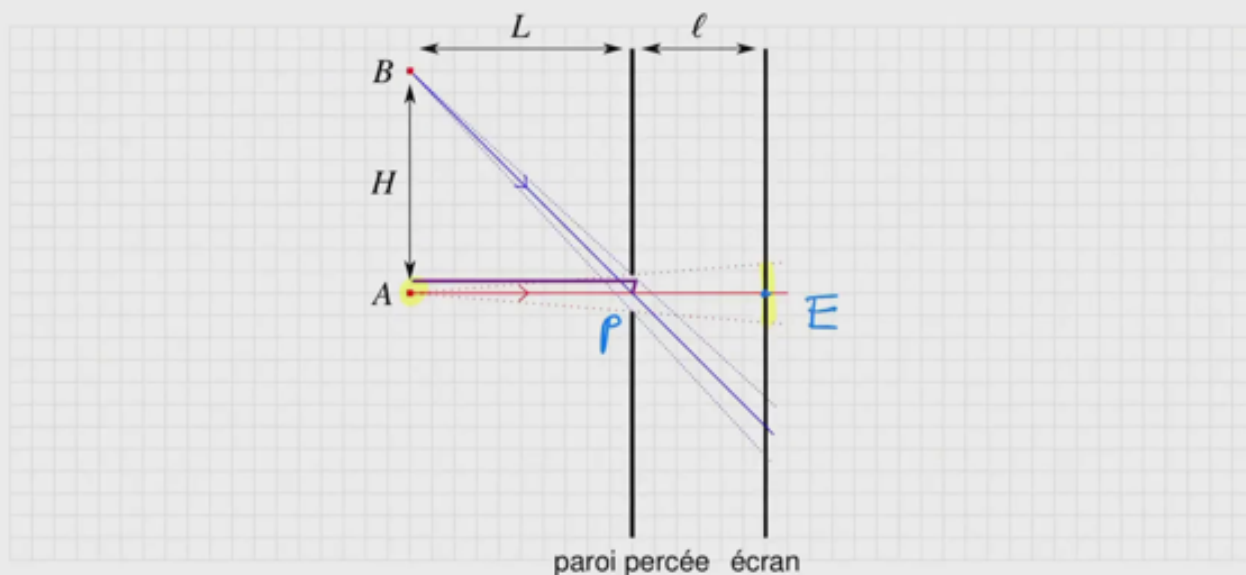
résumé

54m 36s



calculer la dispersion d'un point image situé à  $l = 1 \text{ m}$  de l'orifice circulaire de  $a = 1 \text{ cm}$  de rayon  
 le point objet est à  $L = 10 \text{ m}$ .

est-ce que la dispersion dépend de la hauteur  $H$  du point par rapport à l'axe optique?



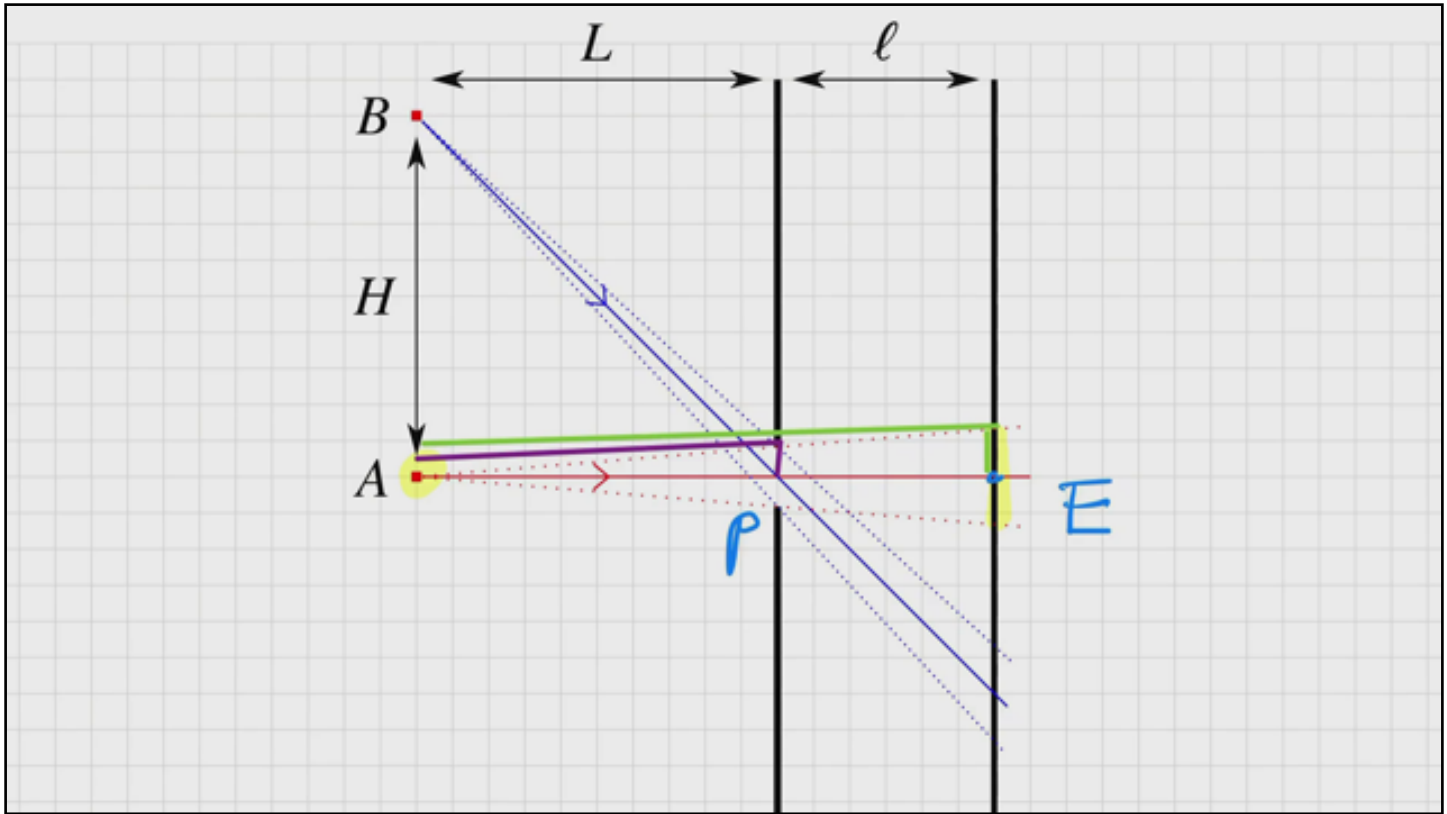
mais c'est vraiment lié au même proportion donc maintenant on veut s'intéresser à calculer deux choses à calculer la dispersion d'un point dont l'image petit  $L$  est à  $1 \text{ m}$  de l'horifice circulaire avec la grandeur de l'horifice qui est  $1 \text{ cm}$  et puis on a le grand  $L$  qui est à  $10 \text{ m}$  donc mon dessin il n'est pas exactement à l'échelle vous avez en fait le grand  $L$  qui est 10 fois la mesure donc au fond ce qu'on essaye de calculer c'est la dispersion donc ça veut dire alors que j'avais un point  $A$  ici quelle est la dispersion ici comment est-ce que je calcule ça et ben c'est avec les triangles semblables donc vous avez on va peut-être donner des noms aux choses donc on va appeler ici  $B$  est déjà ici donc on va appeler ici on va l'appeler  $P$  et puis ici on va l'appeler et pour écran donc vous voyez ce qui va nous intéresser c'est ces deux triangles là donc j'ai un premier triangle hop là ça marche pas très bien

notes

résumé

55m 24s





qu'est-ce que je peux déjà essayer de grandir un peu mais un 10 paru et puis donc je disais que je m'intéressais à ce triangle allez il veut pas aller où je veux voilà voilà et puis je vais m'intéresser à ce triangle là voilà les deux triangles je les ai fait un petit peu pas l'un sur l'autre pour que vous les voyez mais c'est les deux triangles qui m'intéressent et donc ici j'ai un orifice qui fait 1 cm alors bon je peux c'est égal si je voulais

notes

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

résumé

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

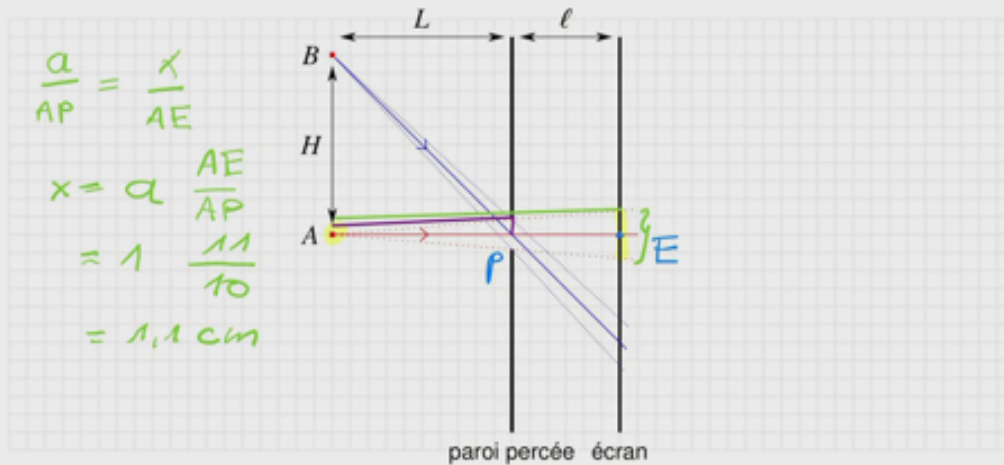
.....

.....



## 1.1.14 Netteté de l'image

- a) Calculer la dispersion d'un point image situé à  $l = 1 \text{ m}$  de l'orifice circulaire de  $a = 1 \text{ cm}$  de rayon si le point objet est à  $L = 10 \text{ m}$ .
- b) Est-ce que la dispersion dépend de la hauteur  $H$  du point par rapport à l'axe optique?



Jean-Marie Fürbringer - EPFL

Physique Générale II

February 16, 2025

21 / 48

je vais oublier que j'ai un orifice qui fait 1 cm alors bon je peux je vais oublier que j'ai des moitiés je vais jouer sur les moitiés comme si c'était pas le cas donc j'ai en p c'est 1 cm et puis en e c'est ce que j'essaie de deviner c'est la distance qui est en e donc ça veut dire que je l'ai appelé comment a au plein il faut que je change de donc j'ai a sur la longueur a p qui va être la même chose que ce qui m'intéresse la distance x qui est en fait ici divisé par la distance a e et puis donc que x est égal a facteur de a e sur a p alors a c'était là on aura les mêmes dimensions en m et puis là on sera en cm on n'a pas besoin de tout mettre en m donc ici on aura puis on aura notre résultat en cm et puis on aura a e c 11 et puis a p c 10 donc ça veut dire que la distance ici elle sera égale a a 1,1 cm donc beaucoup des calculs qu'on va faire en optique c'est souvent regarder ça c'est regarder les distances regarder les triangles semblables c'est comme ça en général qu'on arrive à calculer les différentes choses au début quand on dit la dispersion ça a l'air c'est un grand mot ça a l'air compliqué mais en fait si vous regardez l'image géométrique c'est pas si compliqué que ça vous êtes d'accord avec moi ou pas tout à fait oui

notes

résumé

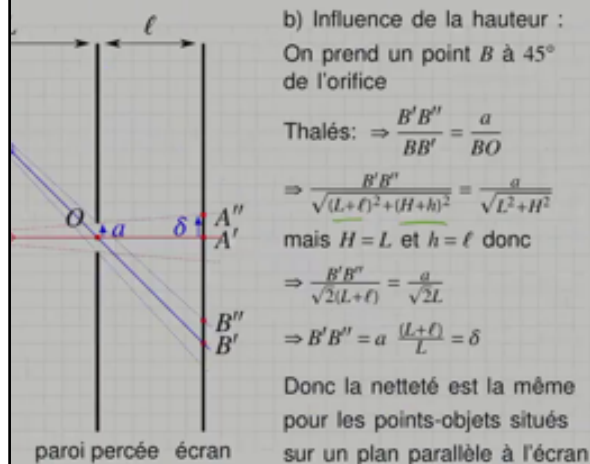
57m 55s



## Solution

est situé à  $l = 1 \text{ m}$  de l'orifice circulaire de  $a = 1 \text{ cm}$  de rayon si

hauteur  $H$  du point par rapport à l'axe optique?



Physique Générale II

February 16, 2025

22 / 48

Jean-Marie Fürbringer - EPFL

P

## 1.1.15 Le postulat de l'opti

La lumière (l'énergie lumineuse) est indépendante. Ces rayons lumineux se propagent à une vitesse de propagation  $\hat{u}$  et une vitesse de phase  $\hat{v}$  (la vitesse vectorielle  $\vec{v}$ ).

**Le principe de Fermat:** "La nature choisit le chemin optique stationnaire"

Version moderne: "La lumière va de A à B en suivant le chemin optique stationnaire local"

et puis il y avait une deuxième question c'était est ce que la dispersion dépend de la hauteur donc on a refait le même calcul avec a et b puis là je vais pas le faire je vais avancer un peu mais on peut faire la même chose étape par étape donc ça veut dire on pourrait essayer de voir si avec un point b qui est à la même distance d'un point a mais qui est un petit peu plus haut est ce que je vais avoir la même différence et si vous faites le calcul et vous avez le même le même résultat que précédemment donc au fond cette dispersion elle est propre à tous les points qui sont dans un plan qui est parallèle à mon écran au plan de mon écran ils vont tous avoir le même type de dispersion c'est un tout petit peu plus compliqué parce que là il faut utiliser décaler ce soir comme pas grand chose à faire probablement non c'est le deuxième jour que vous avez commencé refait sans regarder le calcul essayer de le refaire parce que là j'ai utilisé Pythagore parce que pour calculer certaines distances j'ai utilisé le fait que dans un triangle rectangle, la hypoténuse la longueur de l'hypoténuse c'est la somme des carrés des côtés

notes

résumé

60m 21s



# Etat de l'optique géométrique

La lumière (ou la lumière lumineuse) est décrite par un ensemble de **rayons lumineux**. Les rayons lumineux sont caractérisés par une direction de propagation et une vitesse de propagation  $v$  (les deux idées se confondent dans le  $\vec{v}$ ).

**Fermat:** "La nature agit toujours par les voies les plus simples"

"La lumière va d'un point  $A$  à un point  $B$  en utilisant tous les chemins stationnaires locaux à sa disposition."

## 1.1.16 Première

Les rayons lumineux

Dans le vide, la lumière

un élément en optique géométrique qui a été utilisé assez souvent c'est ce qu'on appelle le principe de Fermat. Fermat était un drôle de bonhomme, quelqu'un de très malin, je ne sais pas si vous connaissez cette histoire, il a écrit plusieurs théorèmes dans des tas de domaines de la physique, des mathématiques, et puis un jour il a écrit sur le bord d'un manuscrit : voilà ça, égal ça, ça vous fait la peine de le démontrer, c'est trop facile, et puis les mathématiciens, ils ont passé 300 ans à essayer de le démontrer, ils ont eu besoin d'un ordinateur incroyable pour arriver à amener la preuve, on s'est toujours demandé : est-ce que vraiment il avait vu une démonstration si facile, ou est-ce qu'il était gonflé parce qu'il a prétendu que c'était facile ? donc je ne sais pas si vous avez déjà entendu cette histoire, le principe de Fermat, alors lui, quand il l'a écrit, il a dit : voilà, la nature, c'est aussi un peu pour expliquer que les rayons vont droit, pourquoi dans l'optique géométrique on considère que les rayons vont tout droit, il a écrit : la nature agit toujours par les voies les plus simples, donc on va toujours regarder les lignes directes pour voir comment les rayons vont se déplacer, et ça marche la plupart du temps, alors c'est pas toujours le minimum, des fois ça peut être le minimum et le maximum, il y a différentes choses, donc il y a une autre manière moderne d'utiliser le principe de Fermat : la lumière va du point  $A$  au point  $B$  en utilisant tous les chemins optiques stationnaires locaux à disposition, je ne vais pas vous faire travailler sur le principe de Fermat, je ne vais pas vous mettre à défaut, le principe de Fermat, je vous l'annonce parce que voilà, c'est un peu comme dire un

### notes

### résumé

61m 57s



# Etat de l'optique géométrique

La lumière (ou la propagation lumineuse) est décrite par un ensemble de **rayons lumineux**. Les rayons lumineux sont caractérisés par une direction de propagation et une vitesse de propagation  $v$  (les deux idées se confondent dans le  $\vec{v}$ ).

**Fermat:** *"La nature agit toujours par les voies les plus simples"*

"La lumière va d'un point  $A$  à un point  $B$  en utilisant tous les chemins stationnaires locaux à sa disposition."

## 1.1.16 Première

Les rayons lumineux

Dans le vide, la lumière

élément important dans la théorie de l'optique géométrique le principe de Fermat vous allez rencontrer ça si vous lisez un petit peu les textes on va toujours dire ça et c'est ce qu'on va utiliser en général pour expliquer pourquoi ce qu'on a observé les rayons vont passer par ici et par là et pas par là en général c'est le chemin le plus court parfois c'est pas le cas mais la plupart du temps c'est le chemin le plus court donc

notes

résumé



## 1.2 Surfaces spéculaires

du principe de Fermat si on est dans un milieu un démon important c'est de dire que c'est un milieu homogène alors le rayon va se déplacer en ligne droite parce que c'est stationnaire il va pas j'ai choisi une autre couleur il va pas faire comme ça il va pas faire comme ça il va pas faire comme ça il va passer en ligne droite et c'est le principe de Fermat alors après pour démontrer ça on va passer par cette partie de l'optique que j'ai dit qu'on allait pas voir beaucoup par les calculs ondulatoires et l'aspect électromagnétique mais il fallait à un moment donné essayer d'expliquer pourquoi le rayon se déplaçait de A à B dans une ligne droite et pas passé d'autant plus que comme je vous ai montré on le voit pas toujours le rayon en plus alors si on fume ces étudiants ça marche on arrive à voir où sont les rayons mais autrement on les voit pas donc c'est en fonction du principe de Fermat qu'on peut dire que les rayons ils se déplacent à une certaine vitesse alors la valeur exacte c'est pas exactement 3 c'est 3 quelque chose mais en général dans les calculs en tout cas dans un problème de physique un examen de physique on parle de la vitesse de la lumière 300 000 km à la seconde donc ça c'est vraiment quelque chose qu'il faut garder en tête  $3 \times 10^8$  mètres à la seconde 300 000 km à la seconde

### notes

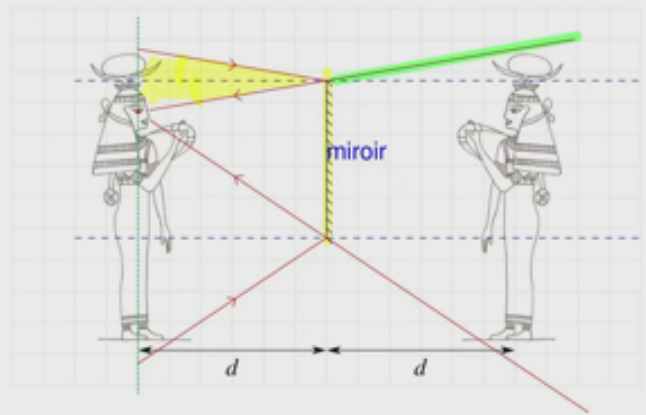
### résumé

64m 26s



## 1.2.1 Le miroir

- On parle de **surface spéculaire**. Observez comment il est représenté: une ligne avec des hachures sur un côté.
- Le schéma présente un personnage qui se regarde (se mire) dans un miroir
- L'objet-observateur est à gauche. L'image est à droite.
- Le dessin a été fait à partir des rayons issus de l'œil pour répondre à la question "Que voit la personne que se regarde dans le miroir?".
- Les premières théories optiques considéraient que l'œil "envoyait" des rayons,
- Malgré cette prémisse fausse, cela a permis de comprendre un certain nombre de choses vraies. Pourquoi?



- Déterminez les deux principes de base de la réflexion qu'on compris les physiciens de l'antiquité :

2ème chapitre on va parler des miroirs on appelle ça des surfaces spéculaires les miroirs ils ont à des propriétés particulières alors quand ils sont droits on comprend assez facilement dès qu'ils sont courbés ça devient tout de suite un petit peu plus compliqué de comprendre ce qui se passe commençons par des miroirs des miroirs plans donc déjà premier truc regardez dans un schéma optique comment est-ce qu'on représente un miroir dans un schéma optique un miroir est représenté par une montrée qui est assurée enfin qui est à quelle on ajoute chose de assurée pour montrer de quel côté elle reflète de quel côté c'est pas du tout un miroir donc là vous voyez je sais pas Isis ou une déesse égyptienne qui se mire qui se regarde, qui se mire miroir, qui se mire dans un miroir donc si on veut comprendre ce qu'elle voit en fait ce qu'il faut faire c'est découvrir quel est le point de vue en fait elle c'est depuis son oeil on va imaginer que même si c'est une statue on va imaginer quelle voie donc depuis son oeil donc c'est pour construire ce qu'elle voit on va utiliser quelque chose qui va influencer les gens quand même pendant longtemps c'est en fait que quand on voit c'est l'oeil qui envoie qui envoie quelque chose même si c'est faux on va quand même utiliser ça donc si on veut comprendre ce qu'elle voit on va envoyer depuis son oeil on va remonter la lumière donc vous voyez les flèches rouges j'ai représenté les extrêmes de mon miroir donc j'ai fait des rayons qui partaient de son oeil jusque aux deux extrêmes du miroir puis quand ils arrivent sur le miroir les rayons réels ils sont arrivés de l'extérieur mais on considère que

### notes

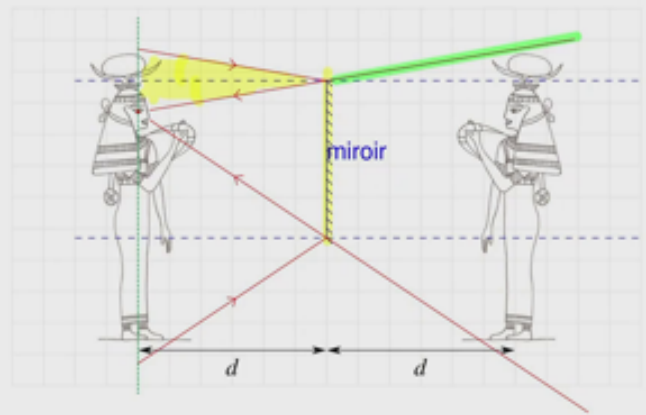
### résumé

66m 27s



## 1.2.1 Le miroir

- On parle de **surface spéculaire**. Observez comment il est représenté: une ligne avec des hachures sur un côté.
- Le schéma présente un personnage qui se regarde (se mire) dans un miroir
- L'objet-observateur est à gauche. L'image est à droite.
- Le dessin a été fait à partir des rayons issus de l'œil pour répondre à la question "Que voit la personne que se regarde dans le miroir?".
- Les premières théories optiques considéraient que l'œil "envoyait" des rayons,
- Malgré cette prémisse fausse, cela a permis de comprendre un certain nombre de choses vraies. Pourquoi?



- Déterminez les deux principes de base de la réflexion qu'on compris les physiciens de l'antiquité :

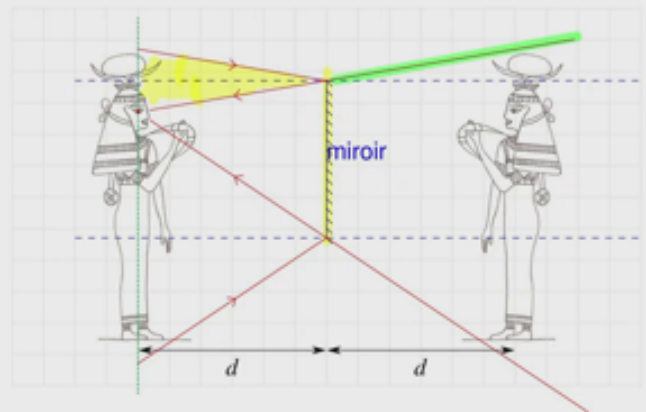
la réflexion c'est la première loi de la réflexion c'est que l'angle de réflexion sur le miroir est le même que l'angle d'incidence si j'ai un rayon qui arrive sur le miroir avec 10 degrés d'incidence par rapport à la verticale le rayon est mis il va aussi avoir 10 degrés dans l'autre côté mais il va aussi avoir 10 degrés donc c'est pour ça que vous pouvez voir ici un angle qui est où j'ai représenté la bisectrice c'est l'horizontale ça veut dire que ça va être perpendiculaire c'est la perpendiculaire à mon miroir et puis l'angle d'incidence alors là je fais à l'envers je commence par l'émergence puis je trouve l'incidence mais après on fait le chemin dans le sens et puis la même chose de l'autre côté puis l'image qu'on voit et ça c'est une image virtuelle et bien mon rayon il va tout droit en fait c'est où que le rayon il va tout droit mais mon rayon là je vais le faire dans une autre couleur le rayon vert que j'ai représenté il existe pas c'est dans le miroir c'est derrière le miroir c'est virtuelle mais mon cerveau il pense que les rayons ils vont tout droit c'est l'expérience qu'on a donc si vous voulez comprendre ce qu'elle voit quand elle se mire il faut faire ce travail il faut voir la limite des rayons qu'elle va recevoir du miroir donc la limite des rayons qu'elle va recevoir du miroir c'est le premier rayon en haut et le dernier rayon en bas qui va définir et puis au moment de la réflexion j'ai l'angle qu'elle a même et puis après je vais déterminer le rayon virtuel qui va tout droit que j'ai dessiné en vert et c'est comme ça que je peux voir ce qu'elle

notes

résumé

## 1.2.1 Le miroir

- On parle de **surface spéculaire**. Observez comment il est représenté: une ligne avec des hachures sur un côté.
- Le schéma présente un personnage qui se regarde (se mire) dans un miroir
- L'objet-observateur est à gauche. L'image est à droite.
- Le dessin a été fait à partir des rayons issus de l'œil pour répondre à la question "Que voit la personne que se regarde dans le miroir?".
- Les premières théories optiques considéraient que l'œil "envoyait" des rayons,
- Malgré cette prémisse fausse, cela a permis de comprendre un certain nombre de choses vraies. Pourquoi?



- Déterminez les deux principes de base de la réflexion qu'on compris les physiciens de l'antiquité :

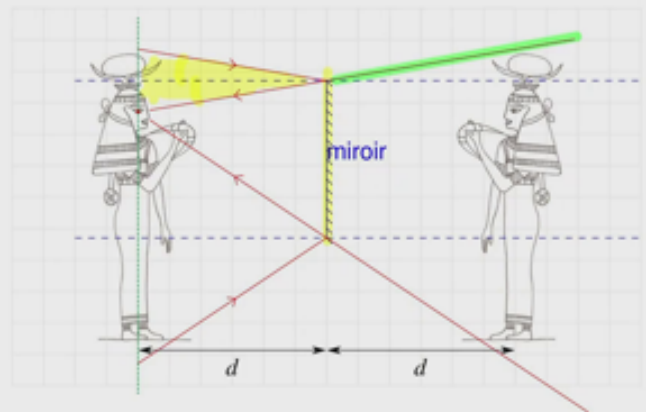
voit donc elle voit toute la scène 3D qu'elle a mais si on veut parler d'elle même, du plan où elle est donc je peux déterminer dans le plan où elle est donc elle va se voir dans le miroir les pieds et puis elle va se voir un petit peu en-dessus de la tête voilà ce qu'elle voit donc ce soir demain matin quand vous êtes en train de vous raser ou de mettre de la couleur sur vos yeux regardez dans le miroir analysez un petit peu ce que vous voyez dans le miroir c'est ça c'est ça que vous voyez alors dans le truc spéculaire les dimensions de l'image sont les mêmes que ceux de la réalité j'ai l'impression, cette image virtuelle que la distance de l'image de Isis c'est la même que la distance de Isis si mon miroir est plan il n'y a pas de déformation alors est-ce que je vous ai raconté tout ce que je vais vous racontez miroir spéculaire le chemin présente un personnel l'objet observateur est à gauche le dessin est parti que voit la personne qui regarde le miroir les premières théories optiques considérait l'œil envoyant des rayons mais en fait pourquoi est-ce que pourquoi est-ce que ça marche ou plutôt pourquoi est-ce que ça marche rendez-vous compte que ça marche c'est une des solutions parfois pour résoudre les chemins optiques on va faire le chemin à l'envers et ça doit marcher ça doit correspondre si vous faites le chemin de la lumière à l'envers de son chemin réel ça doit encore marcher les directions marchent ça marche pas dans le bon sens mais les directions sont les bonnes donc malgré cette prémisse fausse cela a permis de comprendre certains donc souvenez-vous si vous êtes bloqué dans un schéma

### notes

### résumé

## 1.2.1 Le miroir

- On parle de **surface spéculaire**. Observez comment il est représenté: une ligne avec des hachures sur un côté.
- Le schéma présente un personnage qui se regarde (se mire) dans un miroir
- L'objet-observateur est à gauche. L'image est à droite.
- Le dessin a été fait à partir des rayons issus de l'œil pour répondre à la question "Que voit la personne que se regarde dans le miroir?".
- Les premières théories optiques considéraient que l'œil "envoyait" des rayons,
- Malgré cette prémisse fausse, cela a permis de comprendre un certain nombre de choses vraies. Pourquoi?



- Déterminez les deux principes de base de la réflexion qu'on compris les physiciens de l'antiquité :

optique vous avez le chemin de la lumière à l'envers et non pas dire où va mal la lumière mais finalement d'où vient la lumière et d'ailleurs c'est tout un champ moi je vais partager mon bureau avec un collègue qui faisait sa thèse là dessus, c'est appelé le ray tracing où on essaie de représenter pour les architectes de représenter une scène comment va être la maison, comment va être la pièce donc on repart de la géométrie puis on essaie de regarder tous les rayons qui vont arriver là dessus et on peut recréer comme ça une image et montrer dans une image synthétique à quoi ressemblerait la scène qu'on fait donc quand je dis déterminer les deux principes de base de la réflexion qu'ont compris les physiciens de l'antiquité qu'est ce que vous pensez c'est quoi ces deux principes que les rayons vont tout droit et puis que l'angle de réflexion est le même que l'angle d'incidence voilà les deux règles

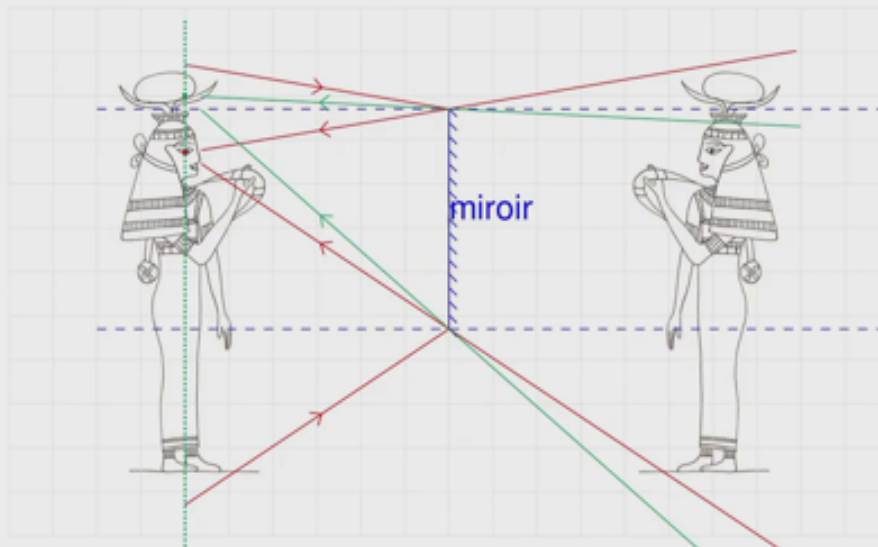
### notes

### résumé



## de vue

et une image  
te image  
l (instrument  
être formée:  
ge virtuelle  
d de la  
il  
age perçue  
rouge ou le  
c la  
a slide sur



## 1.2.3 La ré

- Il n'y a pas de  
optique
- l'image a les r  
système stigm

"On dit qu'un sys  
point objet corre  
miroir plan réalis  
tout point de l'es  
A, son image es  
miroir."

là c'est un slide qui présente ce que s'appellent les points de vue ça veut dire dans le miroir l'image ça c'est une autre chose pour se rendre qu'une image est virtuelle c'est que ce qui est projeté sur l'écran donc ça ma projection c'est une image réelle c'est projeté sur un écran et quand je me déplace j'ai la même image vous par bonheur vous avez quasiment la même image que madame qui est là bas à l'autre extrême ça c'est une image réelle par contre dans le miroir vous avez bien compris si vous vous déplacez vous voyez pas la même chose et donc là j'ai représenté comme si elle avait un 3ème oeil vert 50 cm en dessus de ses yeux et si on mettait une caméra à cet endroit là ou si on mettait un œil elle ne verrait pas la même chose que depuis la position du point rouge c'est comme ça qu'on détecte que son image est virtuelle elle n'est pas réelle parce que vous pourriez dire oui non mais elle est projetée sur le sur un écran sur le miroir mais non non c'est pas le tout ça le fait que vous êtes déplacé vous avez pas la même image fait que l'image que renvoie un miroir est une image virtuelle

## notes

## résumé

74m 20s

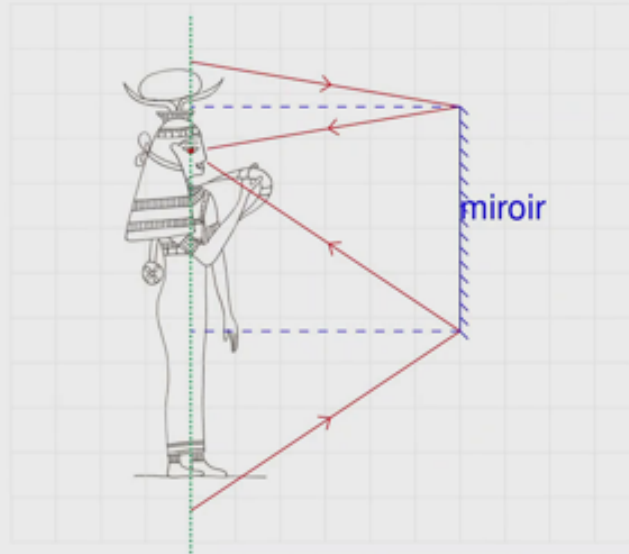


## Exercice spéculaire

l'opposé de l'autre côté du système

des dimensions que l'objet:  
stigmatique

un système est stigmatique si à un objet correspond un point image unique. Le stigmatisme rigoureux pour une surface. Quel que soit le point objet, il existe une image symétrique  $A'$  de  $A$  dans le



## 1.2.4 Explication

- 1 Le front d'onde est sphérique. Parce que la lumière est beaucoup plus lente que les molécules, on peut considérer qu'elle est réfléchie par la surface.
- 2 Comme le front d'onde est sphérique, l'intensité de la lumière est la même d'un côté ou de l'autre de la surface.
- 3 Chaque molécule réfléchit le rayonnement et crée un décalage qui est la même chose que le décalage qui se produit dans un miroir.

donc là je vous ai chaque fois représenté avec l'image mais c'est clair que la réalité c'est ça le monde dans le miroir il n'existe pas à part pour Carol pour l'histoire d'Alice au pays des merveilles parce qu'elle rentre en un moment elle rentre dans le miroir mais dans la réalité c'est une image alors là il y a un autre élément de vocabulaire un repère c'est stigmatique donc un système il est stigmatique il respecte les distances c'est pour ça que des gens comme moi je sais pas s'il y en a d'autres est astigmatique ça veut dire que notre vision ne respecte pas les distances entre autres moi mon problème c'est que les ronds je ne les vois pas vraiment ronds alors après mon cerveau il corrige un peu mais c'est ça le monde en défaut de vision j'ai un peu d'astigmatisme donc un système stigmatique c'est un système où au fond alors la définition c'est qu'à tout objet correspond une image point image unique c'est ça un système stigmatique

### notes

### résumé

75m 47s

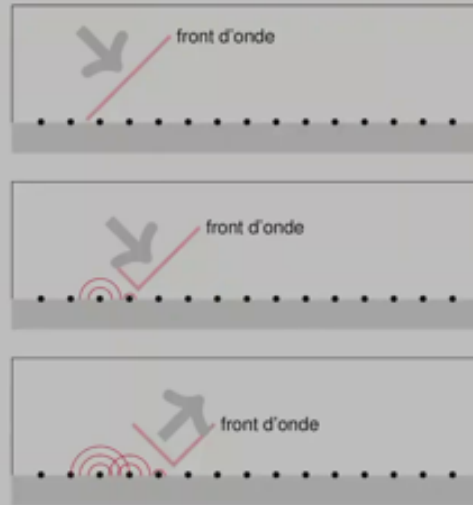


## e la réflexion à l'aide du principe de Fresnel

ur l'interface.  
d'onde est  
que la distance  
peut  
tion à lieu à la

angle avec la  
fait d'abord

interface  
it, mais avec un  
yon réfléchi



## 1.2.5 Type de miroir

- Le **miroir plan** est le plus simple. La règle de la réflexion: l'angle d'incidence est égale à l'angle de réflexion (gauche-droite).
- Le **miroir parabolique** concentre les rayons parallèles en un point et vice versa. C'est l'ensemble des points équidistants d'un point et d'une ligne est égale. Utilisation: phares, projecteurs.
- Le **miroir elliptique** concentre les rayons en deux points focaux. C'est l'ensemble des points dont la somme des distances à deux points focaux est constante.

je sais pas quand Olga va en rire ça je vous explique

notes

résumé

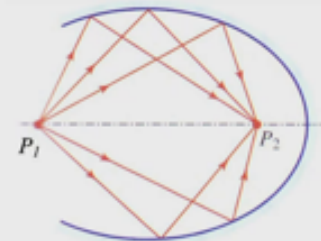
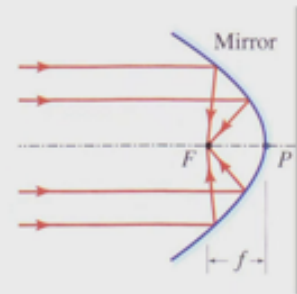
77m 10s





## 1.2.5 Type de miroir

- Le **miroir plan** est le plus répandu dans la vie courante.  
La règle de la réflexion:  $\theta_r = \theta_i$  donne lieu à une image inversée (gauche-droite)
- Le **miroir parabolique** : focalise un faisceau parallèle en un point et vice versa.  
C'est l'ensemble des points dont la distance vers un point fixe et une ligne est égale.  
Utilisation: phares, projecteurs, télescopes.
- Le **miroir elliptique** envoie l'image d'un point focal vers un autre.  
C'est l'ensemble des points dont la somme des distances aux deux points focaux est constante.



juste après si je reviens je vous l'ai juste j'ai besoin que vous ayez vu ça pour les exercices alors on a les miroirs plans mais on peut avoir des miroirs qui ont d'autres formes alors une forme de miroirs qui est très intéressante c'est par exemple un miroir parabolique donc ça va respecter les propriétés géométriques des paraboles et donc ça va permettre 2 choses soit ça vous permet de concentrer des rayons parallèles sur un point intéressant installe-toi je termine encore 2 minutes ça va être intéressant pour faire de l'astronomie des choses comme ça par exemple aussi pour faire un four solaire si vous mettez votre off sur le foyer et là c'est là que vous avez tous les rayons de lumière qui vont se concentrer il y a plus de chance de le cuire que si vous le mettez ailleurs miroir parabolique et puis un miroir qui pourrait être elliptique c'est un petit peu particulier dans l'ellipse ça veut dire si vous mettez la lumière dans un des foyers tous les rayons vont aller dans l'autre foyer donc vous pourriez imaginer peut-être dans différents systèmes d'optiques créatives vont compliquer comme guidon etc je vais pas rentrer mais un moyen sain vous pourriez éclairer un objet vous mettez un objet dans un des foyers puis vous mettez la source de lumière dans l'autre et là toute la lumière arriverait sur l'objet dans une exposition en muséologie

### notes

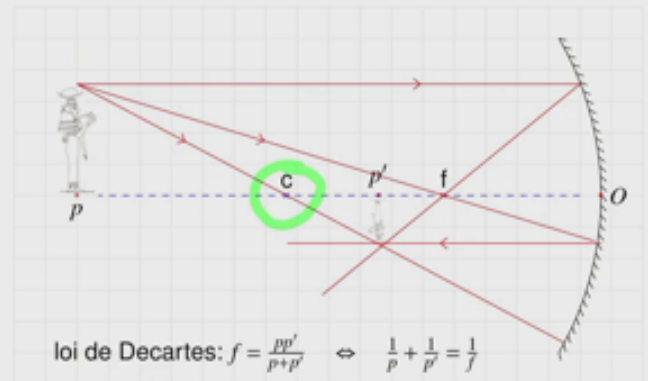
### résumé

77m 16s



## 1.2.6 Le miroir sphérique

- Le **miroir sphérique** est le plus utilisé pour focaliser et former des images, car plus facile à fabriquer que le miroir parabolique. Point focal à la moitié du rayon,  $f = -r/2$
- Un **point focal** est un point par lequel vont passer tous les rayons qui atteignent un système optique parallèlement à l'axe optique.
- Avec l'approximation paraxiale, la surface sphérique est traitée comme une surface parabolique. C'est un compromis: Il faut tenir compte de l'**aberration sphérique**.
- On utilise un diaphragme pour bloquer les rayons périphérique et corriger l'aberration



un qui est intéressant c'est le miroir sphérique alors il est intéressant mais il est facile à faire il a des petits défauts mais il est facile à faire alors vous pouvez voir il y a un certain nombre d'éléments qui sont importants et on a une loi pas de numéros mais les importants nous en aurez besoin pour les exercices c'est pour ça que je voulais arriver à ça alors vous avez un point qui est important c'est le centre du cercle mais c'est c'est un point qui est important parce que tous les rayons qui vont passer par le centre du cercle ils vont arriver perpendiculaire sur la surface du cercle donc ils vont revenir sur eux-mêmes mais il y a un autre point qui est essentiel c'est ce qu'on appelle

notes

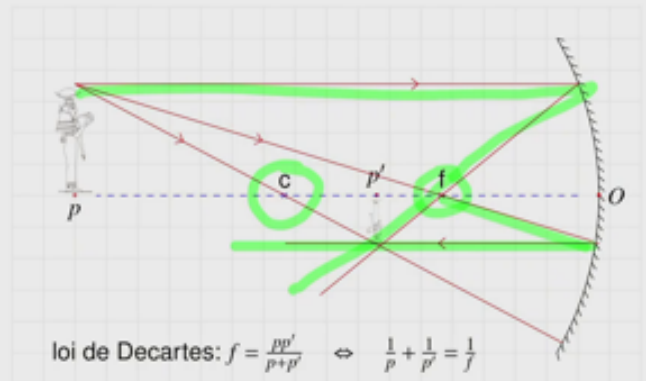
résumé

78m 50s



## 1.2.6 Le miroir sphérique

- Le **miroir sphérique** est le plus utilisé pour focaliser et former des images, car plus facile à fabriquer que le miroir parabolique. Point focal à la moitié du rayon,  $f = -r/2$
- Un **point focal** est un point par lequel vont passer tous les rayons qui atteignent un système optique parallèlement à l'axe optique.
- Avec l'approximation paraxiale, la surface sphérique est traitée comme une surface parabolique. C'est un compromis: Il faut tenir compte de l'**aberration sphérique**.
- On utilise un diaphragme pour bloquer les rayons périphérique et corriger l'aberration



le point focal il y avait déjà je suis pas j'ai juste introduit comme ça je n'ai pas tellement parlé ce que c'était des points focals mais on parle de points focals c'est des points sur lesquels les rayons généralement les rayons parallèles ils vont tous se concentrer donc le point focal dans une miroir sphérique il a une propriété particulière c'est les rayons et puis tous les points qui vont tous les les rayons qui vont arriver sur le point focal avant d'arriver sur le miroir ils vont repartir parallèlement deuxième propriété j'ai les premiers c'est ceux qui passent par le centre du cercle ils sont renvoyés sur eux-mêmes ceux qui passent par le point focal ils sont renvoyés parce que c'est l'horizontale c'est l'horizontale dans mon dessin mais ils sont renvoyés parallèlement à l'axe optique et puis tous ceux qui arrivent parallèlement ils vont passer par le point focal ça c'est Rennes on va les retrouver assez souvent on va les généraliser pour d'autres choses mais c'est important de se souvenir de ces 3 règles vous en aurez besoin pour je vais arrêter ça de l'un coup il y a un pof mais ça c'est pas important les exercices mais je le mensole quand même je reviendrai les systèmes sphériques ils ont un petit problème ils ont un peu d'habération les systèmes sphériques les rayons ils ne se croisent pas tous exactement au point focal donc il y a ce qu'on appelle les aberrations sphériques je reviendrai la semaine prochaine là dessus

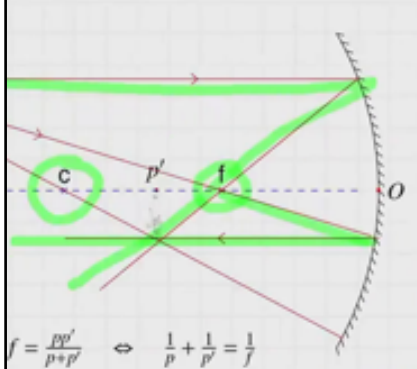
### notes

### résumé

79m 47s



## 1.2.7 Loi de Descartes, vergence et grandissement



- La loi de Descartes est une loi fondamentale de l'optique, (en fait de la physique):

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{p'} = \frac{1}{f} \quad (1.2)$$

- L'inverse de la distance focale est égale à la somme de l'inverse de la distance d'un point et de son image
- La quantité  $\frac{1}{f}$  a

un nom : la vergence (symbole  $\delta$ )

une unité : la dioptrie qui est homogène à l'inverse d'une distance,  $[m^{-1}]$

- Par exemple, une vergence de 20 dioptries correspond à une distance focale de  $\frac{1}{20} = 0.05 \text{ m} = 5 \text{ cm}$

- Le **grandissement** est le rapport entre l'objet, mais à la distance à l

$$\gamma_t = -\frac{A'B}{AB}$$

February 16, 2025

31 / 48

Jean-Marie Fürbringer - EPFL

Physique Générale II

pour présenter mieux je vais te sur vous ayez les choses pour les exercices après c'est du vocabulaire il y a des choses qu'on appelle la dioptrie les essayez je reviendrai je repartirai ça la semaine prochaine mais vous avez la vergence la dioptrie vous avez juste besoin de ces mots de vocabulaire éventuellement dans les exercices ça rajoute pas mais ce que vous aurez besoin pour les exercices en tout cas

notes

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

résumé

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

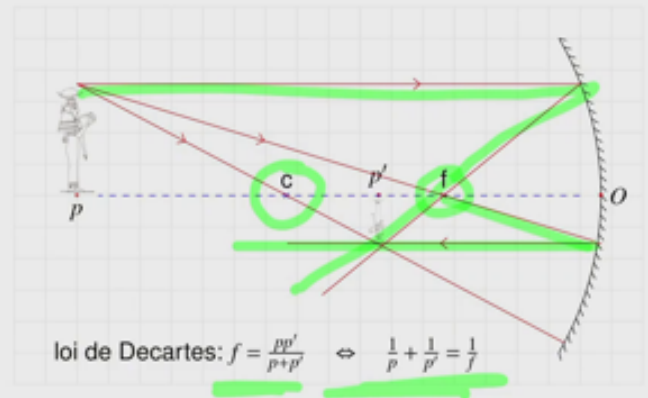
.....

81m 33s



### 1.2.6 Le miroir sphérique

- Le **miroir sphérique** est le plus utilisé pour focaliser et former des images, car plus facile à fabriquer que le miroir parabolique. Point focal à la moitié du rayon,  $f = -r/2$
- Un **point focal** est un point par lequel vont passer tous les rayons qui atteignent un système optique parallèlement à l'axe optique.
- Avec l'approximation paraxiale, la surface sphérique est traitée comme une surface parabolique. C'est un compromis: Il faut tenir compte de l'**aberration sphérique**.
- On utilise un diaphragme pour bloquer les rayons périphériques et corriger l'aberration



un autre élément je te passe ta parole donc vous aurez besoin de la loi de Descartes je vais quand même l'énoncer donc en général on l'énonce comme elle est plutôt pour vous à droite on dit que  $p$  c'est le point où est l'objet c'est la distance de l'objet  $p'$  c'est la distance de l'image donc  $\frac{1}{p} + \frac{1}{p'}$  est égal à  $\frac{1}{f}$  la distance focale ça c'est la loi de Descartes et c'est la manière à mon avis la plus facile de son souvenir vous avez objet, image point focale et tout est à l'inverse donc ça c'est assez facile à mémoriser après vous pouvez la réécrire en jouant sur les fractions et puis vous avez que la distance focale c'est le  $p \times p'$  divisé par  $p + p'$  c'est un peu plus difficile à mémoriser vous connaissez bien vos fractions c'est pas un problème et puis

## notes

## résumé

81m 57s



## 1.2.7 Loi de Descartes, vergence et grandissement

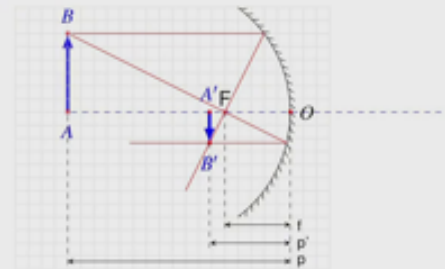
- La loi de Descartes est une loi fondamentale de l'optique, (en fait de la physique):

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{p'} = \frac{1}{f} \quad (1.2)$$

- L'inverse de la distance focale est égale à la somme de l'inverse de la distance d'un point et de son image
- La quantité  $\frac{1}{f}$  a
  - un nom : la vergence (symbole  $\delta$ )
  - une unité : la dioptrie qui est homogène à l'inverse d'une distance,  $[m^{-1}]$
- Par exemple, une vergence de 20 dioptries correspond à une distance focale de  $\frac{1}{20} = 0.05 \text{ m} = 5 \text{ cm}$

- Le **grandissement transversal**  $\gamma_t$  est le rapport entre la hauteur de l'image et celle de l'objet, mais aussi entre la distance à l'image et la distance à l'objet mesuré depuis le point  $O$ :

$$\gamma_t = -\frac{A'B'}{AB} = \frac{OA'}{OA} = \frac{p'}{p} = \frac{f}{p-f} \quad (1.3)$$



un dernier point que je voulais préciser c'est ce qu'on appelle le grandissement transversal c'est de combien on va grandir donc on a déjà regardé ça avec la caméra oscura c'est le même concept quand j'ai regardé la taille le premier calcul que j'ai fait avec la taille donc on parle en général on utilise la lettre gamma on met un t parce que c'est transversal donc on parle bien du grandissement de l'image on a le rayon optique et puis on est perpendiculaire au rayon optique donc c'est pour ça qu'on met en petit t et puis le grandissement c'est égal au rapport entre la distance de l'image divisé par la distance de l'objet ça c'est sa définition mais quand on a le point focal on arrive à le calculer donc ça veut dire on pouvoir calculer avec ces formules là on peut passer de l'un à l'autre donc si vous avez le point image la position d'image la position de l'objet vous pouvez trouver la focale si vous avez la focale si vous avez deux vous pouvez trouver le troisième puis il y a deux ou trois petits problèmes comme ça où on vous fait jouer avec ça maintenant je voulais accueillir Olga tu as besoin tu vas connecter ton ordinateur moi je vous recommence tu veux qu'on te voit sur la vidéo il faut rester un peu là

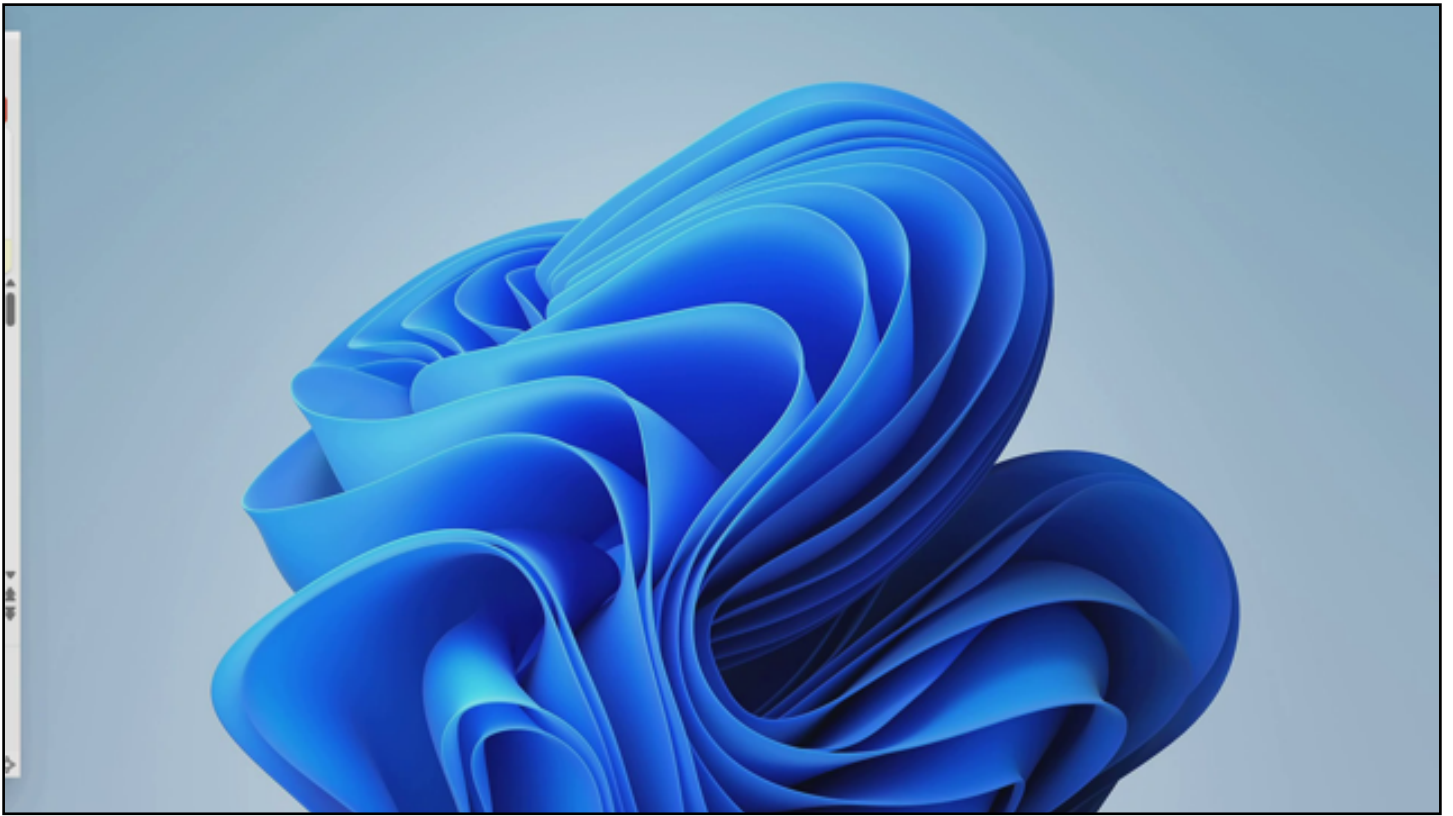
### notes

### résumé

83m 1s







donc j'ai invité Olga parce qu'on s'est croisé il y a s'il vous plaît on s'est croisé il y a quelques semaines et puis on s'est rendu compte qu'on avait les deux une passion pour cet outil qu'on trouve vraiment très intéressant pour l'apprentissage

notes

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

résumé

.....

.....

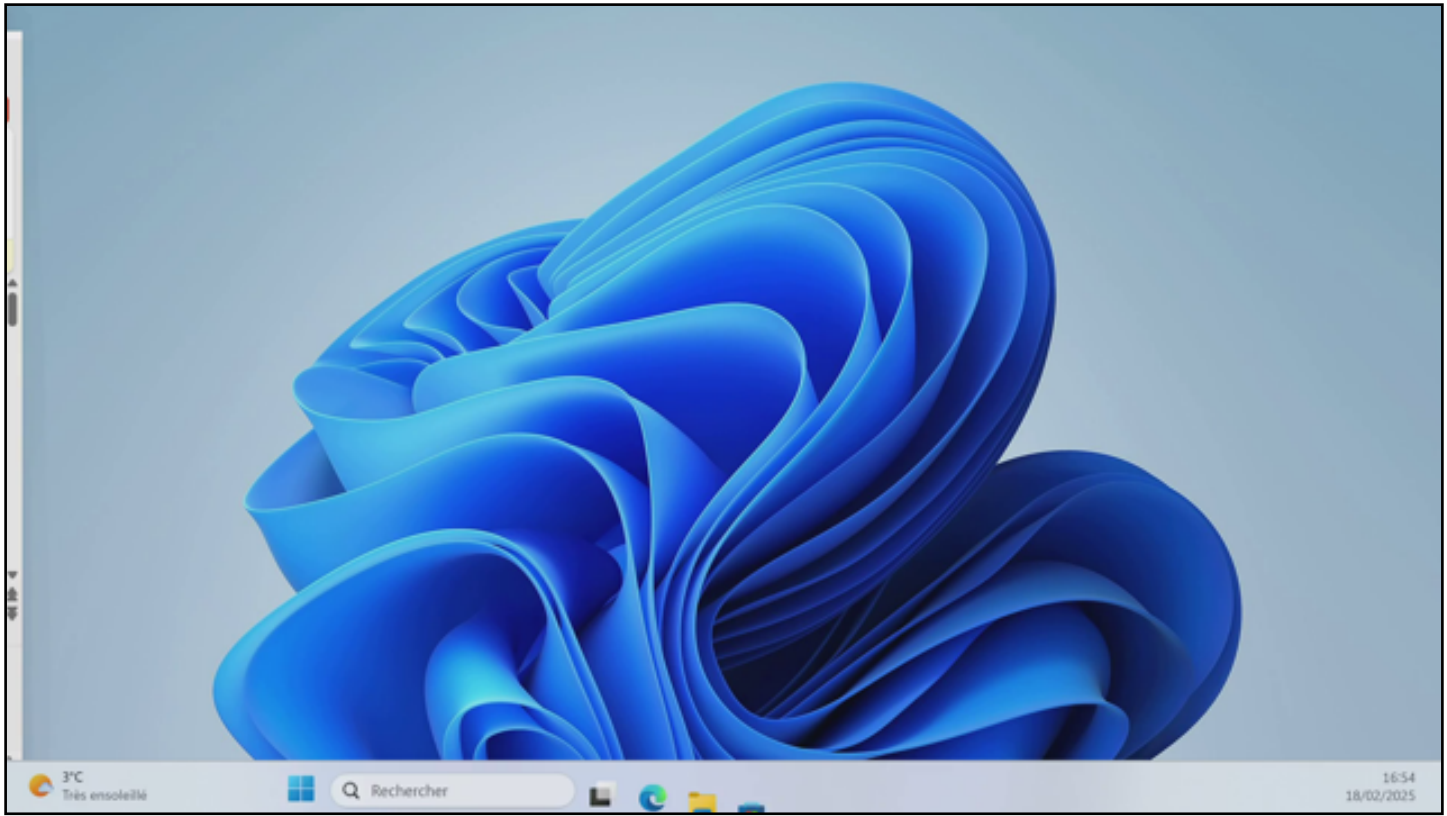
.....

.....

.....

84m 26s

A square QR code located in the bottom left corner of the page. It is black and white, and its function is likely to link to a video or additional content related to the lesson.



qui sont les

notes

résumé

84m 48s





## Mind Maps for STEM



Olga Kasatkina  
CAPE

■ MM 25

cartes conceptuelles ce que je vais vous inviter à faire dans la deuxième partie des exercices je te laisse la parole Olga oui c'est mieux que tu t'entends merci bonjour je pense qu'avec certains entrevous on s'est déjà rencontrés lors des journées à apprendre à étudier c'est juste pour me situer donc là vous êtes en train d'apprendre les physiques et les physiques optiques moi j'ai bien des sciences de l'éducation donc mon objectif c'est d'aider les étudiants et surtout aussi les enseignants mais au final vous aidez à prendre les matières de meilleures façons donc c'est pour ça on cherche à vous présenter les différents méthodes méthodes de prise de note, méthodes de résolution de problèmes et une des méthodes c'est de mind maps je pense que certains entrevous ont déjà entendu parler ou mind maps aux cartes conceptuelles est-ce que vous pouvez juste lever la main pour ceux qui ont déjà entendu super mais il a quand même ceux qui ne vont pas à ce que c'est alors qu'est-ce que c'est

### notes

### résumé

84m 49s



# Qu'est-ce qu'une carte mentale ?



## ■ Définition

- Représentation visuelle (diagramme circulaire) des idées et des concepts autour d'un thème central.
- Se compose de branches partant de l'idée centrale, qui sont elles-mêmes subdivisées en sous-branches.

## ■ Pourquoi utiliser

- Aide à organiser et visualiser les relations entre différents concepts physiques
- Outil puissant pour réviser des lois, théories et équations
- Favorise une compréhension plus claire des phénomènes complexes

et pourquoi c'était écrit donc sur les points de comment ça se présente carte mentale c'est une diagramme circulaire on parle du d'abord milieu et on le développe par les branches et après les sous-branches donc l'idée c'est de structurer l'information par sa simplicité et par son potentiel sur les mémoires et sur les possibilités de faire les liens donc ce qui est intéressant pour l'analyse et pour les synthèses c'est un outil qui peut être recommandé même il est pour le sujet complexe mais aussi en STEM donc pour les sciences et pour les mathématiques donc l'idée c'est représentation visuelle donc on utilise

## notes

## résumé

86m 14s



### ■ Structure d'une carte mentale

- **Idée centrale** : Le thème ou sujet principal au centre
- **Branches principales** : Les catégories ou concepts majeurs
- **Sous-branches** : Les détails, relations ou applications spécifiques



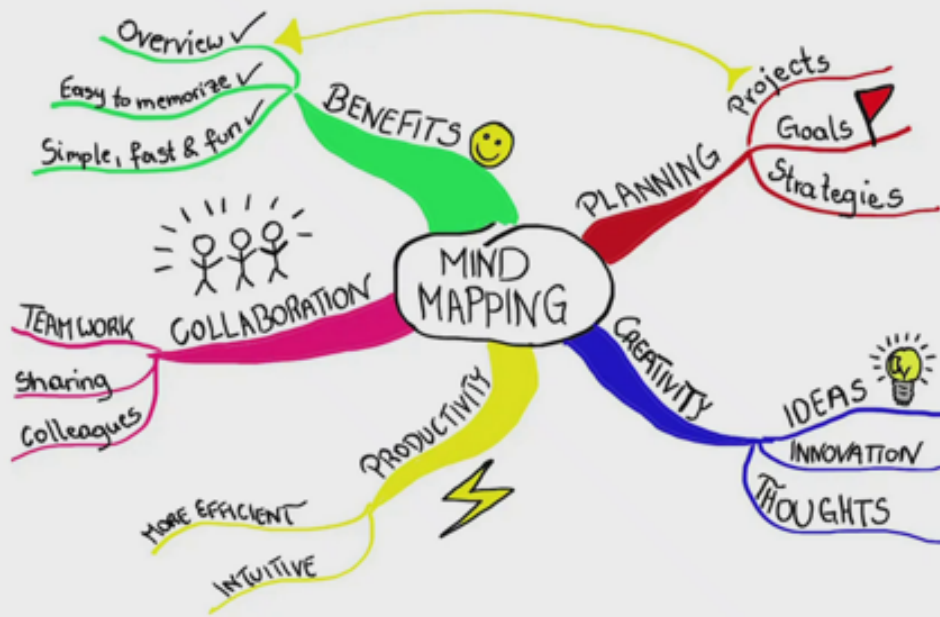
un peu de la carte mentale pour le construire donc il a quelques éléments un feu à quatre ou à trois qui ont des façons horizontales on place l'idée au centre et pour structurer l'information et à la fois pour les ranger on part du centre donc d'étal façon on peut compléter notre carte donc c'est plus simple que la liste si par exemple vous oubliez l'élément de premier niveau de venir de faire la place et sur les diagrammes circulaires on a moins de ces problèmes et ce qui est important il est recommandé de réaliser à la main parce qu'il a quelque chose il a un effet inhérent de production de motricité fine de tout ce qui vous produisez

notes

résumé

87m 9s





vraiment à la main donc ça c'est quelques exemples c'est vraiment pourquoi ça peut être utilisé pour les programmes mental et de la main map donc vous pouvez aussi mettre d'autres sujets au centre on peut l'utiliser pour les planning pour vos sessions d'analyses pour vos sessions de révision de différentes notions complexes et aussi pour les collaborations donc c'est un outil assez intéressant pour réaliser vos projets en équipe vous pouvez soit les construire par thème après vous pouvez les construire par rôle donc il y a vraiment quelque chose d'assez simple visuel, ce qu'on appelle aussi one shot qui est intéressant pour les projets réalisés en groupe

notes

résumé

87m 56s



- **Etape 1 : Choisir le sujet central :**
  - Définir le concept principal à explorer, par exemple, "Les lois de la mécanique" ou "Les forces".
- **Exemple :** "Les lois du mouvement de Newton".
- **Conseil :** Utilisez des mots-clés ou des images pour capturer l'essence du sujet.
- **Image**



là je vais déjà commencer on commence au milieu tu vas faire les présentations ou pas pendant le séance d'exercice je vais aller vraiment très vite on commence du milieu

notes

résumé

88m 43s



- **Etape 2 : Ajouter des branches principales :**
- Diviser le concept central en catégories majeures. Par exemple, pour "Les lois du mouvement de Newton", les branches principales peuvent être :
  - Première loi (loi de l'inertie)
  - Deuxième loi (relation  $F = ma$ )
  - Troisième loi (action-réaction)
- **Conseil :** Utilisez des couleurs pour chaque branche afin de les différencier visuellement.
- **Image**



on part au premier niveau et ce qui est intéressant on rajoute les couleurs parce que les couleurs ça peut être aussi les moyens

notes

résumé

89m 0s



- **Étape 3 : Développer des sous-branches :**
  - Ajouter des détails, équations, ou exemples pour chaque branche.  
Pour la deuxième loi ( $F = ma$ ), les sous-branches pourraient inclure :
    - Définition de la force
    - Unité de mesure (Newton)
    - Exemple d'application (calcul de la force)
- **Conseil :** Utilisez des mots-clés pour être succinct, mais précis.
- **Image**

des structurels et d'informations et on arrive à des deuxièmes et troisième niveau la main image est disparue

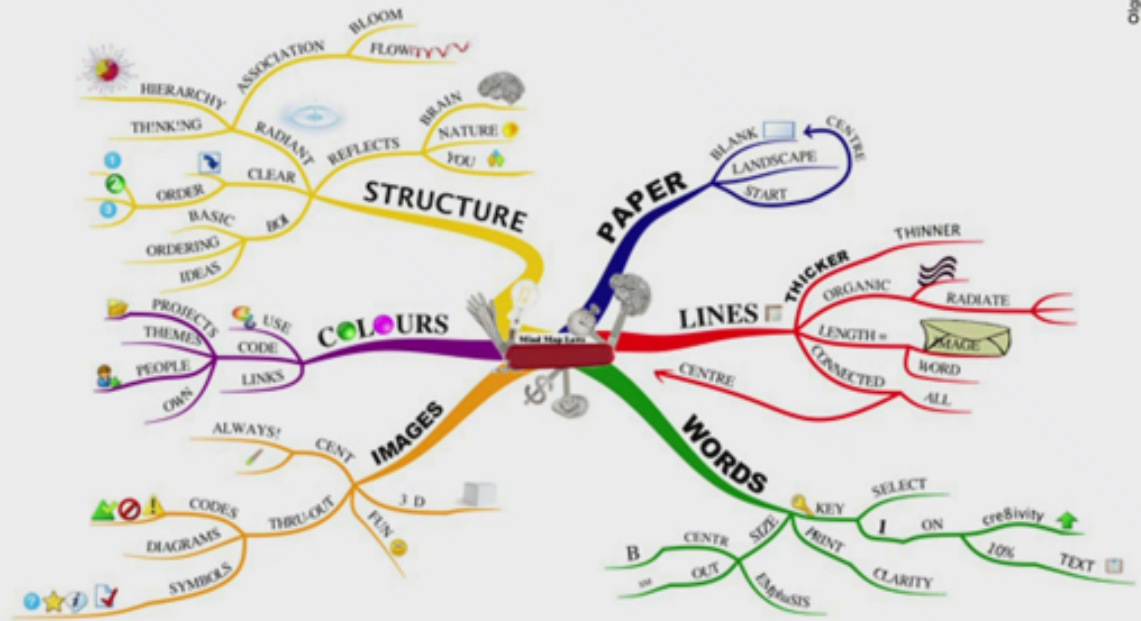
notes

résumé

89m 9s







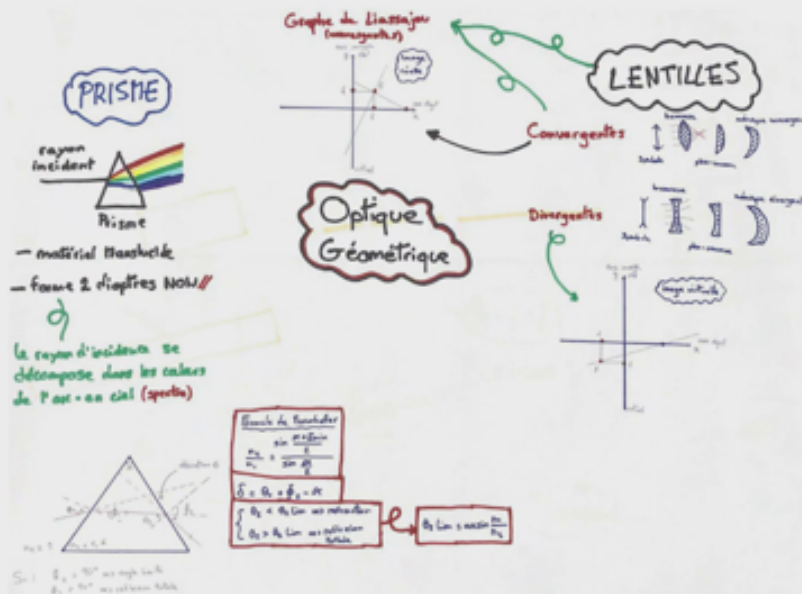
mais ça a quelque chose que je peux arriver à assez complexe donc ce qui est intéressant on peut utiliser les lignes des mots clés différents images et les couleurs et tout ça c'est l'idée des structurels donc tous ces outils assez simples et que peuvent paraître en fontain ils ont un très grand impact sur votre mémoire et sur la structure que vous pouvez avoir

notes

résumé

89m 16s





pour les concepts complexes alors ça c'est un des exemples de vos collègues qui étaient sur les produire justement sur les lentilles sur les prises mais sur les différents vous voyez ça a bien tombé on partit votre sujet d'aujourd'hui donc à quoi ça peut ressembler vous voyez il y a très peu de mots il y a des flèches, des images mais qui sont censés évoqués très rapidement les concepts donc on construit en sorte de pensbêtes mais qui vous construit vous-même ou en petits groupes et chaque image, chaque mot il leur envoie quelque chose donc c'est une sorte de hyperlien mais de hyperlien pas virtuel mais analogique alors

notes

résumé

89m 43s



- **1. Amélioration de l'organisation des idées :**
  - Les cartes mentales permettent de visualiser rapidement la structure d'un sujet et les relations entre les idées, facilitant ainsi leur compréhension.
- **2. Stimulation de la créativité et de l'analyse :**
  - Permet de visualiser des liens inattendus entre différents concepts physiques, et d'encourager la réflexion.
  - Grâce à leur forme non linéaire, elles aident à générer de nouvelles idées et solutions en connectant différents concepts.
- **3. Facilitation de la mémorisation :**
  - En représentant les informations visuellement, les cartes mentales aident à mieux mémoriser et à réviser de manière plus efficace des lois, théories et équations en physique.

quelques avantages qui étaient soit trouvés des façons pratiques soit il était fondé par les expériences donc on a amélioration et l'organisation des idées, on a les structures donc si vous avez passé par de mind maps vous êtes capable d'extraire cette information et d'expliquer à quelqu'un d'autre donc les étudiants qui ont fait les mind maps en général ils sont meilleurs aux présentations aux capacités d'explication qui n'ont pas fait sur un sujet donné il y a une stimulation de créativité donc on a quelque chose qui vous-même vous le faites et ça ça peut être intéressant pour l'analyser et dans les ducans physiques vous êtes face souvent aux problèmes complexes qui n'ont pas de solutions directes donc ça c'est un effet qui est assez intéressant ça c'est ce qu'on voit en pratique il avait un peu moins des preuves expérimentales mais les gens disent qu'il se passe quelque chose et quand c'est magnifique voilà on le recommande et il y a un effet aussi qui est assez intéressant c'est pour le travail de mémoire donc ça c'est un outil assez puissant pour les révisions de vos cours surtout quand il s'agit des concepts par exemple vous avez les cours sur l'optique vous pouvez avoir une branche qui peut être sur les lins et après vous expliquez quel type d'existe et quelles sont les lois associées donc c'est les façons de structurer une formation qui peut arrêter assez complexe et ce qui est intéressant c'est pas structurer des façons comme c'était dans les cours mais le restructurer des façons que vous pouvez accéder à ces concepts alors bon j'ai fini je voulais pas trop vous

## notes

## résumé

90m 30s



- **1. Amélioration de l'organisation des idées :**
  - Les cartes mentales permettent de visualiser rapidement la structure d'un sujet et les relations entre les idées, facilitant ainsi leur compréhension.
- **2. Stimulation de la créativité et de l'analyse :**
  - Permet de visualiser des liens inattendus entre différents concepts physiques, et d'encourager la réflexion.
  - Grâce à leur forme non linéaire, elles aident à générer de nouvelles idées et solutions en connectant différents concepts.
- **3. Facilitation de la mémorisation :**
  - En représentant les informations visuellement, les cartes mentales aident à mieux mémoriser et à réviser de manière plus efficace des lois, théories et équations en physique.

les rayons qui vont passer par le centre du cercle, ils vont arriver perpendiculaire sur la surface du cercle, donc ils vont revenir sur eux-mêmes mais il y a un autre point qui est essentiel c'est ce qu'on appelle le point focal il y avait déjà je n'ai pas tellement parlé ce que c'était des points focal mais on parle de points focal c'est des points sur lesquels les rayons parallèles ils vont tous se concentrer donc le point focal dans une miroir sphérique il a une propriété particulière il est à la moitié du rayon et puis tous les points tous les rayons qui vont arriver sur le point focal avant d'arriver sur le miroir ils vont partir parallèlement deuxième propriété j'ai les premiers c'est ceux qui passent par le centre du cercle ils sont renvoyés sur eux-mêmes ceux qui passent par le point focal ils sont renvoyés il faudrait voir ce que c'est l'horizontale dans mon dessin mais ils sont renvoyés parallèlement à l'axe optique et puis tous ceux qui arrivent parallèlement ils vont passer par le point focal ça c'est reine on va les retrouver assez souvent on va les généraliser pour d'autres choses mais c'est important de se souvenir de ces trois règles vous en aurez besoin pour je vais arrêter ça déjà un coup il y a eu un puff non mais ça c'est pas important pour les exercices mais je le mensole quand même les systèmes sphériques ils ont un petit problème un peu d'habération les systèmes sphériques les rayons ils ne se croisent pas tous exactement au point focal il y a ce qu'on appelle les aberrations sphériques je reviendrai la semaine prochaine là-dessus je vais te sur vous ayez des choses pour les exercices après c'est du vocabulaire il y a des

## notes

## résumé

- **1. Amélioration de l'organisation des idées :**
  - Les cartes mentales permettent de visualiser rapidement la structure d'un sujet et les relations entre les idées, facilitant ainsi leur compréhension.
- **2. Stimulation de la créativité et de l'analyse :**
  - Permet de visualiser des liens inattendus entre différents concepts physiques, et d'encourager la réflexion.
  - Grâce à leur forme non linéaire, elles aident à générer de nouvelles idées et solutions en connectant différents concepts.
- **3. Facilitation de la mémorisation :**
  - En représentant les informations visuellement, les cartes mentales aident à mieux mémoriser et à réviser de manière plus efficace des lois, théories et équations en physique.

choses qu'on appelle la dioptrie c'est lisez ça je reviendrai je repartirai de ça la semaine prochaine mais vous avez la vergence la dioptrie vous avez juste besoin de ces mots de vocabulaire éventuellement dans les exercices ça rajoute pas mais ce que vous aurez besoin pour les exercices en tout cas ah oui puis il y a encore un autre élément puis après holga je te passe ta parole donc vous aurez besoin de la loi de Descartes en général on l'énonce comme elle est plutôt pour vous à droite on dit que donc  $p$  c'est le point où est l'objet c'est la distance de l'objet  $p'$  c'est la distance de l'image donc  $\frac{1}{p} + \frac{1}{p'} = \frac{1}{f}$  est égal à  $\frac{1}{f}$  sur la distance focale ça c'est la loi de Descartes c'est la manière à mon avis la plus facile de son souvenir vous avez objet, image point focal c'est le point inverse donc ça c'est assez facile à mémoriser après vous pouvez la réécrire en jouant sur les fractions et puis vous avez que la distance focale c'est le  $p$  fois  $p'$  divisé par  $p + p'$  c'est un peu plus difficile à mémoriser vous connaissez bien vos fractions c'est pas un problème et puis un dernier point je voulais préciser c'est ce qu'on appelle le grandissement transversal c'est de combien on va grandir donc on a déjà regardé ça avec la caméra oscura c'est le même concept que j'ai regardé la taille le premier calcul que j'ai fait avec la taille donc on parle en général on utilise la lettre  $\gamma$  on met un  $t$  parce que c'est transversal donc on parle bien du grandissement de l'image on a le rayon optique et puis on est perpendiculaire au rayon optique donc c'est pour ça

## notes

## résumé



- **1. Amélioration de l'organisation des idées :**
  - Les cartes mentales permettent de visualiser rapidement la structure d'un sujet et les relations entre les idées, facilitant ainsi leur compréhension.
- **2. Stimulation de la créativité et de l'analyse :**
  - Permet de visualiser des liens inattendus entre différents concepts physiques, et d'encourager la réflexion.
  - Grâce à leur forme non linéaire, elles aident à générer de nouvelles idées et solutions en connectant différents concepts.
- **3. Facilitation de la mémorisation :**
  - En représentant les informations visuellement, les cartes mentales aident à mieux mémoriser et à réviser de manière plus efficace des lois, théories et équations en physique.

qu'on met un petit  $t$  et puis le grandissement c'est égal au rapport entre la distance de l'image divisé par la distance de l'objet, ça c'est sa définition mais quand on a le point focale on arrive à le calculer donc ça veut dire on peut calculer avec ces formules là on peut passer de l'un à l'autre donc si vous avez le point la position de l'image la position de l'objet vous pourrez trouver la focale si vous avez la focale, si vous avez deux vous pouvez trouver le troisième puis il y a deux autres petits problèmes comme ça où on vous fait jouer avec ça maintenant je voulais accueillir Olga tu vas connecter ton ordinateur tu as qu'est ce que tu as besoin tu as besoin de ça moi je bouge beaucoup mais si tu veux qu'on te voie sur la vidéo il faut rester un peu là c'est estiver compensé donc j'ai invité Olga par ce qu'on s'est croisé il y a quelques semaines et puis on s'est rendu compte que les deux on avait une passion pour ces outils qu'on trouve vraiment très intéressant pour l'apprentissage qu'ils sont les cartes conceptuelles ce que je vais vous invité a faire dans la deuxième partie exercices. Je te laisse la parole, Olga. Oui, c'est mieux que tu t'entends. Alors, bonjour. Je pense qu'avec certains entretiens, on s'est déjà rencontrés lors des journées à apprendre à étudier. Mais bon, bref, c'est juste pour me situer. Donc là, vous êtes en train d'apprendre les physiques et les physiques optiques. Moi, je viens de la science de l'éducation. Et donc mon objectif, c'est d'aider les étudiants et surtout aussi les enseignants, mais au final, à vous aider d'assimiler les matières de meilleures façons. Donc c'est pour ça qu'on cherche à

## notes

## résumé

- **1. Amélioration de l'organisation des idées :**
  - Les cartes mentales permettent de visualiser rapidement la structure d'un sujet et les relations entre les idées, facilitant ainsi leur compréhension.
- **2. Stimulation de la créativité et de l'analyse :**
  - Permet de visualiser des liens inattendus entre différents concepts physiques, et d'encourager la réflexion.
  - Grâce à leur forme non linéaire, elles aident à générer de nouvelles idées et solutions en connectant différents concepts.
- **3. Facilitation de la mémorisation :**
  - En représentant les informations visuellement, les cartes mentales aident à mieux mémoriser et à réviser de manière plus efficace des lois, théories et équations en physique.

vous présenter les différents méthodes, méthodes de prise de note, méthodes de résolution de problèmes. Et une des ces méthodes, c'est de mind-maps. Je pense que certains entrevots ont déjà entendu parler au mind-map ou qu'un carte conceptual. Est-ce que vous pouvez juste lever la main pour ceux qui ont déjà entendu ? Super, génial. Mais il a quand même ce qui ne nous va pas à ce que c'est. Alors, qu'est-ce que c'est et pourquoi c'était créé ? Donc sur les points de comment ça se présente, carte mentale, c'est une diagramme circulaire. On parle du déo milieu et on le développe par les branches et après les sous-branches. Donc l'idée, c'est de structurer informations. Et donc par sa simplicité et par son potentiel sur les mémoires et sur les possibilités de faire les liens. Donc ce qui est intéressant pour l'analyse et pour les synthèses, c'est un outil qui peut être recommandé même, il est pour le sujet complexe mais aussi en STEM, donc pour les sciences et pour les mathématiques. Donc l'idée, c'est représentation visuelle. Donc on utilise au général pour le construire. Donc il a quelques éléments. Un feu à 4 ou à 3 qui ont représentent des façons horizontales. On place l'idée au centre et pour structurer informations et à la fois pour les ronger, on part du centre. Donc d'étale façon, on peut compléter notre carte. Donc c'est plus simple qu'on compléter que le liste. Si par exemple vous oubliez l'élément de premier niveau, c'est assez compliqué de revenir et de faire la place. Et sur les diagrammes circulaires, on a moins de ces problèmes. Et ce qui est important, il est recommandé de réaliser à la main parce qu'il a quelque chose, il a un effet ignorant de production, des motricités fines, de

notes

résumé



- **1. Amélioration de l'organisation des idées :**
  - Les cartes mentales permettent de visualiser rapidement la structure d'un sujet et les relations entre les idées, facilitant ainsi leur compréhension.
- **2. Stimulation de la créativité et de l'analyse :**
  - Permet de visualiser des liens inattendus entre différents concepts physiques, et d'encourager la réflexion.
  - Grâce à leur forme non linéaire, elles aident à générer de nouvelles idées et solutions en connectant différents concepts.
- **3. Facilitation de la mémorisation :**
  - En représentant les informations visuellement, les cartes mentales aident à mieux mémoriser et à réviser de manière plus efficace des lois, théories et équations en physique.

tout ce qui vous produisez vraiment à la main. Donc ça, c'est quelques exemples. C'est vraiment pourquoi ça peut être utilisé. Donc vous voyez les cartes mentales de MydeMap qui parlent de MydeMap. Donc vous pouvez aussi mettre d'autres sujets au centre. Donc on peut l'utiliser pour les plannings, pour vos sessions d'analyse, pour votre session de révision de différentes notions complexes et aussi pour les collaborations. Donc c'est un outil assez intéressant pour réaliser vos projets en équipe. Vous pouvez soit les construire par thème, après vous pouvez les construire par rôle. Donc il y a vraiment quelque chose d'assez simple, visuel, ce qu'on appelle aussi one shot qui est intéressant pour les projets réalisés en groupe. Alors, donc là, je vais déjà commencer. On commence en milieu. Je pense que je m'arrive. Tu vas faire la présentation ou pas pendant le séance d'exercice. Je vais aller vraiment très vite. Donc on commence du milieu. On part au premier niveau. Et ce qui est intéressant, on rajoute les couleurs parce que les couleurs, ça peut être aussi les moyens, les structures et l'information. Et on arrive à des deuxièmes, troisième niveau. La bonne image, elle est disparue, mais bon, c'est quelque chose qui peut arriver à ses complexes. Donc ce qui est intéressant, on peut utiliser les lignes, démoquer différents images et les couleurs. Et tout ça, c'est l'idée des structures et donc tous ces outils assez simples et qu'on peut paraître en fontain, ils ont un très grand impact sur votre mémoire et sur les structures que vous pouvez avoir. Donc pour les concepts complexes. Alors ça, c'est un des exemples de vos collègues qui étaient sur les produits, justement, sur les lentilles, sur les prismes, sur les différents. Vous voyez, ça a bien tombé. C'est l'un de

notes

## résumé

- **1. Amélioration de l'organisation des idées :**
  - Les cartes mentales permettent de visualiser rapidement la structure d'un sujet et les relations entre les idées, facilitant ainsi leur compréhension.
- **2. Stimulation de la créativité et de l'analyse :**
  - Permet de visualiser des liens inattendus entre différents concepts physiques, et d'encourager la réflexion.
  - Grâce à leur forme non linéaire, elles aident à générer de nouvelles idées et solutions en connectant différents concepts.
- **3. Facilitation de la mémorisation :**
  - En représentant les informations visuellement, les cartes mentales aident à mieux mémoriser et à réviser de manière plus efficace des lois, théories et équations en physique.

vos parties, votre sujet d'aujourd'hui. Donc à quoi ça peut ressembler? Donc vous voyez, il y a très peu de mots. Il y a des flèches, des images, mais qui sont censées évoquer très rapidement les concepts. Donc on construit en sorte de pense-bêtes, mais qui vous construit à vous-même ou en petits groupes. Et chaque image, chaque mot et leur envoie quelque chose. Donc c'est une sorte de hyperlien, mais hyperlien, pas virtuel, mais analogique. Alors quelques, quelques avantages qui étaient à soit trouver des façons pratiques, soit il était fondé par les, par les expériences. Donc on a amélioré et l'organisation des idées. On a les structures. Donc si vous avez passé par de maître-map, vous êtes capable d'extraire cette information et produire, d'expliquer à quelqu'un d'autre. Donc les étudiants qui ont fait les maître-map, en général, ils sont meilleurs en présentation ou capacité d'explication qu'on ne pas fait sur un sujet donné. Il y a une stimulation de créativité. Donc on a quelque chose qui vous-même vous le faites. Et ça, ça peut être intéressant pour l'analyser et dans les conditions physiques. Vous êtes face souvent au problème complexe qui n'a pas de solution directe. Donc ça, c'est un effet qui est assez intéressant. Bon, ça, c'est ce qu'on voit en pratique. Il y avait un peu moins de preuves expérimentales, mais les gens disent qu'il se passe quelque chose. Et quand c'est magnifique, on le recommande. Et il y a un effet aussi qui est assez intéressant, c'est pour le travail de mémoire. Donc ça, c'est un outil assez puissant pour les révisions de vos cours, surtout quand il s'agit des concepts. Par exemple, vous avez les cours sur l'optique. Vous pouvez avoir une branche qui peut être sur les lins. Et après, vous expliquez

## notes

## résumé

- **1. Amélioration de l'organisation des idées :**
  - Les cartes mentales permettent de visualiser rapidement la structure d'un sujet et les relations entre les idées, facilitant ainsi leur compréhension.
- **2. Stimulation de la créativité et de l'analyse :**
  - Permet de visualiser des liens inattendus entre différents concepts physiques, et d'encourager la réflexion.
  - Grâce à leur forme non linéaire, elles aident à générer de nouvelles idées et solutions en connectant différents concepts.
- **3. Facilitation de la mémorisation :**
  - En représentant les informations visuellement, les cartes mentales aident à mieux mémoriser et à réviser de manière plus efficace des lois, théories et équations en physique.

en fait quel type d'existe, quels sont les lois associées. Donc c'est les façons de structurer une formation qui peut paraître assez complexe. Et ce qui est intéressant, c'est pas structurer des façons comme c'était dernier en cours, mais le restructurer des façons que vous, vous pouvez accéder facilement à ces concepts. Alors bon, j'ai fini.

notes

résumé