

CONCOURS D'ADMISSION 2026

Annales – Master Cinema

- Phase 1 : Dossier
- Phase 2 : Épreuve d'analyse filmique
- Phase 2 : Épreuve de sciences

CONCOURS D'ADMISSION 2026

Master Cinéma

Dossier visuel – Phase 1

Le dossier que vous devez rendre constitue un travail personnel et doit donc être réalisé par vous exclusivement.

Respect de l'anonymat : vous ne devez en aucun cas intégrer un élément permettant de vous identifier (y compris dans les éléments visuels). Tout manquement à ces règles pourra entraîner votre exclusion.

Votre dossier sera composé d'un fichier unique :

Un document au format PDF. Ce fichier devra respecter la nomenclature suivante : **numero-de-candidat_dossier.pdf**

Exemple : CC2303_dossier.pdf

La taille maximum du fichier est de 250 Mo.

Votre dossier doit être dactylographié, police Times New Roman ou Arial, taille 12, interligne 1,5. Vous devez renseigner en pied de chaque page votre numéro de candidat.

Vous devrez envoyer votre dossier au plus tard le **lundi 16 février 2026 à 15h00**, à l'adresse concourscine@ens-louis-lumiere.fr.

Passé ce délai, aucun dossier ne sera accepté.

Si nécessaire, nous vous invitons à opter pour un service de type WeTransfer et nous envoyer le lien de téléchargement.

Partie 1 – Parcours personnel

Dans cette première partie, vous répondrez aux questions posées.
L'ensemble des réponses ne doit pas dépasser 7 000 caractères (espaces inclus).

1A. Quels sont les éléments de votre parcours qui vous ont poussé·e à vouloir faire du cinéma ?

1B. Comment imaginez-vous votre parcours dans les années à venir ?

1C. Présentez un·e directeur·trice de la photographie de votre choix.
Vous pourrez illustrer ce choix avec trois images maximum regroupées sur une seule page. Ces images peuvent être des photographies, des dessins ou des photogrammes de films.

Partie 2 – Épreuve visuelle

1. Énoncé du sujet :

Dans l'idée de préparer une séquence de film, vous présenterez une série de photographies simples et descriptives. Vous imaginerez le déroulement de cette séquence en réalisant des photographies représentant les huit plans qui la composent.

Le scénario proposé est le suivant :

Un personnage (A) regarde l'heure inquiet, puis il relève les yeux sur son reflet dans le miroir qui se trouve à côté de lui...

On sonne à la porte. (A) va ouvrir au personnage (B) qui rentre dans la pièce et va directement s'écrouler sur le canapé, effondré ; le personnage (A) le rejoint, s'assoit à côté de lui et le réconforte...

Vous organiserez ces plans selon des choix que vous serez amené·e à justifier, en ayant soin de les concevoir comme une succession cohérente permettant une compréhension de la narration que vous proposez.

Parmi ces huit plans :

- L'un présentera les personnages en entier (en pied) ;
- Un autre sera un gros plan ;
- Les six autres seront libres.

Dans le cas de plans fixes, chaque plan correspondra à une photographie. Si vous imaginez un ou des plans en mouvement, vous ferez deux photographies représentant les deux moments du plan qui vous semblent les plus importants.

Votre série comprendra au maximum 12 photographies.

Vous choisirez un ratio (rapport hauteur/largeur) constant pour toutes vos images. Vous aurez soin d'effectuer des choix de point de vue, de focale, de lumière (luminosité, contraste, directions) et de couleurs qui permettront d'apprécier votre sensibilité visuelle.

2. Consignes concernant les travaux à rendre :

Ces photographies seront présentées à raison de deux par page et feront partie d'un dossier comportant :

- **Une note de 3 000 caractères maximum** (espaces inclus) par laquelle vous expliquerez l'enchaînement des plans et justifierez vos choix de prise de vue, techniques et artistiques ;
- **Un plan au sol du décor** à l'échelle, faisant figurer les murs, les ouvertures (portes, fenêtres), les positions et déplacements éventuels de caméra, les positions et déplacements de personnages, et les directions de lumière ;
- **Une présentation des références** qui ont inspiré vos prises de vue comprenant :
 - Huit références visuelles maximum, présentées sur deux pages. Celles-ci peuvent être des photogrammes, des écrits, des images de toute sorte, des œuvres d'art, ou tout autre élément que vous jugerez pertinent ;
 - Un commentaire de 2 000 caractères maximum (espaces inclus) justifiant vos choix de références.

CONCOURS D'ADMISSION 2026

Master Cinéma

Analyse filmique – Phase 2

Durée de l'épreuve :

- 30 minutes de visionnage : 3 visionnages du même extrait d'environ 5 minutes, entrecoupés de prise de notes (entre les 2^e et 3^e visionnages)
- 3 heures de rédaction

Coefficient : 1

Consigne

Cette épreuve fait suite au visionnage d'un extrait. Il est attendu un exposé analytique (maximum de 5 pages), par lequel vous présenterez les effets de sens recherchés à travers les choix esthétiques et techniques que l'extrait propose, notamment en ce qui concerne les mouvements de caméra, le cadrage, le montage, la lumière. Vous pourrez vous appuyer sur la documentation complémentaire jointe au sujet. Tout élément extérieur servant votre analyse pourra être pris en compte pour évaluer votre culture cinématographique.

Respect de l'anonymat : aucun nom, élément ou signe distinctif ne doit apparaître sur votre copie, sous peine d'exclusion du concours.

PRÉSENTATION DU FILM

Titre original et francophone : *Tini zabutykh predkiv – Les Chevaux de feu* (1965)

Réalisation : Sergueï PARADJANOV

Scénario : Sergueï PARADJANOV, Ivan TCHENDEÏ

Auteur de l'œuvre originale : Mikhaïl KOTSIOUBINSKI d'après l'œuvre *Les Ombres des ancêtres oubliés*

Acteurs principaux : Larisa KADOCHNIKOVA (Marichka), Ivan MIKOLAJCHUK (Ivan), Tatiana BESTAÏEVA (Palagna)

Musique : Miroslav SKORIK

Photographie : Youri ILLIENKO

Montage : Marfa PONOMARENKO

Son : Sofiya SERGUEYENKO

Décors : Mikhaïl RAKOVSKIY, Georgiy IAKOUTOVITCH

Costumes : Lidiya BAIKOVA

Production : Studio Dovjenko (période Studio Alexandre Dovjenko de Kiev)

Distribution (France) : Films sans Frontières, Carlotta Films depuis 2025

Pays : Ukraine

Format : 35 mm, couleurs

Durée : 1h37

Date de sortie : 1965

Film restauré en 2024 par le World Cinema Project de The Film Foundation et la Fondazione Cineteca di Bologna, en association avec le studio Dovjenko et en collaboration avec le Centre National Alexandre Dovjenko.

Récompenses :

Mar del Plate Festival

San Francisco Festival

Montréal Festival

New York Festival

London Festival

Résumé

Dans un village houtsoul niché au cœur des Carpates ukrainiennes, deux enfants, Ivan et Marichka, se rencontrent et tombent amoureux malgré l'hostilité ancestrale qui oppose leurs familles. Devenus adultes, Ivan est contraint de partir travailler dans les alpages afin de subvenir aux besoins des siens. Avant son départ, il promet à Marichka de revenir dans un an pour l'épouser. Mais la jeune femme est victime d'un accident et se noie. Anéanti par cette perte, Ivan sombre dans le désespoir. Poussé par sa famille, il épouse Palagna, sans jamais parvenir à faire le deuil de Marichka, dont l'apparition le hante sans relâche. Ce n'est que dans la mort qu'Ivan trouvera enfin la paix.

Le film est une adaptation de la nouvelle *L'Ombre des ancêtres oubliés*, publiée par Mykhailo Kotsioubynsky en 1910. Il est structuré en douze chapitres, correspondant aux mois de l'année, introduits par des intertitres en lettres rouges sur fond noir : « Les Carpates, oubliées de Dieu et des hommes, terre des Houtsoules » ; « Ivan et Maritchka » ; « Le pré » ; « Solitude » ; « Demain, le printemps » ; « La vie quotidienne » ; « Noël » ; « Ivan et Palagna » ; « Le sorcier » ; « L'auberge » ; « La mort d'Ivan » ; « La Piéta », ce dernier apparaissant seul en lettres blanches latines sur fond noir.

L'extrait se situe de 18'40 à 23'39, après que le petit Ivan perd successivement son frère, écrasé par la chute d'un arbre, puis son père, victime d'un coup de hache à la sortie de l'église. Entre rituels religieux, rituels païens, luttes pour la survie, rivalités et hostilités, son amitié avec la petite Marichka résiste au passage du temps. L'enfance s'efface, les corps grandissent, et les deux enfants deviennent adultes, liés par un amour profond. Cependant, contraint de subvenir aux besoins de sa mère et de ses frères et sœurs, Ivan part vers les alpages à la recherche de travail. Dans cette séquence, il l'annonce à Marichka en lui promettant de revenir pour l'épouser et vivre avec elle.

Documentation complémentaire

« J'avais toujours été attiré par la peinture et je me suis habitué à considérer chaque cadre cinématographique comme un tableau indépendant. (...) Nous faisons un film sur les passions intelligibles à tout être humain et nous voulions révéler ces passions dans la mélodie, dans chaque objet tangible et bien entendu dans la couleur. Là, je me suis effectivement appuyé sur l'art pictural car il a réalisé depuis longtemps, et à la perfection, toute la dramaturgie de la couleur (...) Nous autres cinéastes, devons prendre des leçons chez les peintres tels que Bruegel, Arkhipov, Nesterov et également chez les modernes et les primitifs, chez eux la couleur n'est pas seulement l'ambiance, une émotion complémentaire. Elle fait partie du contenu. »

Propos de Sergueï Paradjanov cités dans Patrick Cazals, *Sergueï Paradjanov*, Paris, Cahiers du cinéma, 1993, p. 130.

« L'esprit nomade est primordial dans les œuvres de Paradjanov. Il se manifeste sous différentes formes (mythologiques, métaphysiques, culturelles). Par exemple, dans *Les Chevaux de feu*, le nomadisme devient le moyen d'un retour aux sources à la fois existentiel et mythique. Du point de vue de l'art cinématographique, l'innovation de Paradjanov est aussi technique, puisque, s'inspirant de Dovjenco, il propose une nouvelle façon de filmer l'errance nomade, la caméra à l'épaule, comme si le réalisateur épousait le nomadisme de son personnage. »

Nikol Dziub, « Paradjanov et les ashik : un cinéma de la liberté poétique », Nikol Dziub, Greta Komur-Thilloy, Pierre Thilloy (dir.), *L'ashik et le troubadour : perspectives transversales sur l'art de la poésie musicale*, Reims, Epure, éditions/Presses universitaires de Reims, 2017, pp. 269-270.

« On a parlé de "Roméo et Juliette des Carpates", mais ce conte déborde le geste shakespearien par sa sécheresse primitive proche de la tragédie grecque. Le filmage est au diapason, sauvage et hétérogène, mélange d'expressionnisme et d'impressionnisme. »

Vincent Ostria, « Paradjanov, martyr et magicien. Rétrospective Sergueï Paradjanov » *Les Inrockuptibles*, 12 mars 2007.
[<https://www.lesinrocks.com/cinema/paradjanov-martyr-et-magicien-retrospective-serguei-paradjanov-27155-12-03-2007/>]

« Je ne crois pas qu'on crée un langage, le langage est contenu dans l'alphabet. Dans le cinéma, il y a l'image, il y a les sons. Il y a la réalité. À l'intérieur de vous. La réalité extérieure et disons, il était le maître dans cette forteresse. »

Jean-Luc Godard à propos de Sergueï Paradjanov in : *Paradjanov : le dernier collage*, réalisé par Rouben Kévorkiantz. Écrit par Krikor Hamel, Rouben Kévorkiantz, Karékine Zakoyan. France, 1995, 70 minutes • 35 mm, Couleur et Noir & Blanc.

Le cinéaste

Sergueï Iossifovitch Paradjanov naît en 1924 à Tbilissi, en Géorgie, au sein d'une famille arménienne. Réalisateur, scénariste, metteur en scène, décorateur et artiste aux multiples facettes, il accède à une notoriété internationale avec *Chevaux de feu*, œuvre majeure qui marque un tournant dans son parcours. Cette reconnaissance s'accompagne toutefois d'une mise sous surveillance accrue de la part du régime soviétique.

Entre 1965 et 1973, la quasi-totalité de ses projets cinématographiques est interdite, abandonnée ou annulée par les instances administratives du cinéma, tant locales (à Kiev et à Erevan) que fédérales (Goskino), souvent sans débat ni justification publique. En 1973, Paradjanov est arrêté et condamné pour homosexualité, entre autres chefs d'accusation. Il demeure emprisonné jusqu'en 1977, malgré la mobilisation de personnalités artistiques de renommée internationale.

Même après sa libération – et une dernière arrestation en 1982 –, Paradjanov reste *persona non grata* dans le cinéma soviétique. Il s'éteint à Erevan en 1990, laissant une œuvre singulière, profondément marquée par la persécution politique et devenue emblématique de la résistance artistique face à la censure.

CONCOURS D'ADMISSION 2026

TEL +33 (0)1 84 67 00 01
www.ens-louis-lumiere.fr

Master Cinéma

Épreuve de sciences – Phase 2

Durée de l'épreuve : 1 h 30
Coefficient : 1

Les calculatrices ne sont pas autorisées.

Le sujet comporte une annexe qu'il est recommandé de lire avant de commencer la rédaction.

Les questions sont numérotées de 1 à 21 et leur énoncé est délimité par une barre verticale à gauche du texte.

Les questions marquées d'un astérisque dépendent en grande partie de la ou des questions précédentes.

Un barème indicatif est fourni pour chaque partie.

Respect de l'anonymat : aucun nom, élément ou signe distinctif ne doit apparaître sur votre copie, sous peine d'exclusion du concours.

L'arc-en-ciel : de la théorie à la captation

L'arc-en-ciel est un phénomène optique qui se manifeste par la formation d'un spectre de couleurs dans le ciel, généralement après une pluie, lorsque la lumière solaire interagit avec des gouttes d'eau en suspension dans l'atmosphère.



(a) *Requiem pour un massacre*, réal. : Elem Klimov, photo : Alexeï Rodionov, 1985.



(b) *Yume (Rêves)*, réal. : Akira Kurosawa et Ishirō Honda, photo : Takao Saitō et Masaharu Ueda, 1990.



(c) *The Florida Project*, réal. : Sean Baker, photo : Alexis Zabe, 2017.

Figure 1 – Exemples d'arcs-en-ciel au cinéma.

Il s'agit d'un phénomène intrinsèquement imprévisible, ce qui rend sa captation cinématographique particulièrement délicate. De nombreux films ont ainsi recours à divers procédés de trucage (*matte painting*, *compositing*, verre semi-transparent...) pour recréer l'apparition d'un arc-en-ciel. Cependant, une reproduction fidèle s'avère complexe, notamment car il s'agit d'un phénomène que le public a déjà largement observé dans le monde réel. Nous étudierons ici les principes physiques à l'origine de ce phénomène et verrons dans quelles conditions il peut être observé et capté.

Ce phénomène résulte de la réfraction, de la réflexion interne et de la dispersion de la lumière blanche à l'intérieur des gouttes d'eau. Lorsqu'un rayon de lumière blanche pénètre dans une goutte d'eau, celui-ci est réfracté et ses différentes couleurs se séparent dans la goutte. Une partie de la lumière est réfléchi à l'intérieur de la goutte avant d'en sortir, subissant une seconde réfraction. Ce processus conduit à la formation d'un arc coloré dans le ciel.

I Questions préliminaires (4 points)

La lumière peut être décrite à la fois comme une onde électromagnétique et comme un flux de particules appelées photons.

Q1. Dans le système international (SI), quelle est l'unité de la longueur d'onde ? La longueur d'onde retranscrit-elle l'aspect corpusculaire ou ondulatoire de la lumière ?

Q2. Donner la définition de l'indice de réfraction n d'un milieu transparent. Quelle est sa valeur dans le vide ?

Q3. Expliquer le phénomène de dispersion de la lumière. Citer un exemple (autre que l'arc-en-ciel) où ce phénomène émerge.

Q4. Outre la lumière visible, quels autres types d'ondes électromagnétiques connaissez-vous ? Citer au moins deux exemples en-dehors de la lumière visible, en précisant si la longueur d'onde est plus grande ou plus petite que celle de la lumière visible.

I.1 Un rayon sur une goutte d'eau (4 points)

Nous allons initier l'étude de l'arc-en-ciel avec la **figure 2**, sans prise en compte de la dispersion pour cette partie, tout se passe comme si la lumière était monochromatique. Un rayon lumineux incident pénètre dans une goutte d'eau sphérique de rayon R au point I . Son angle d'incidence est noté i , il sera compris entre 0 et $\pi/2$ radian. Ce rayon est réfracté avec un angle r_1 puis subit une réflexion au point K et une seconde réfraction avec un angle r_4 , pour émerger de la goutte avec un angle s . Tous les angles sont définis par rapport à la normale au point d'incidence. Ces normales sont représentées en pointillés gris sur la figure. Les angles ne sont pas orientés : ils seront tous positifs dans ce sujet.

L'indice de réfraction de l'eau est noté n_{eau} tandis que celui de l'air sera pris égal à 1 pour tout ce sujet. Enfin, on note D l'angle de déviation du rayon lumineux, c'est-à-dire l'angle entre le rayon incident et le rayon émergent.

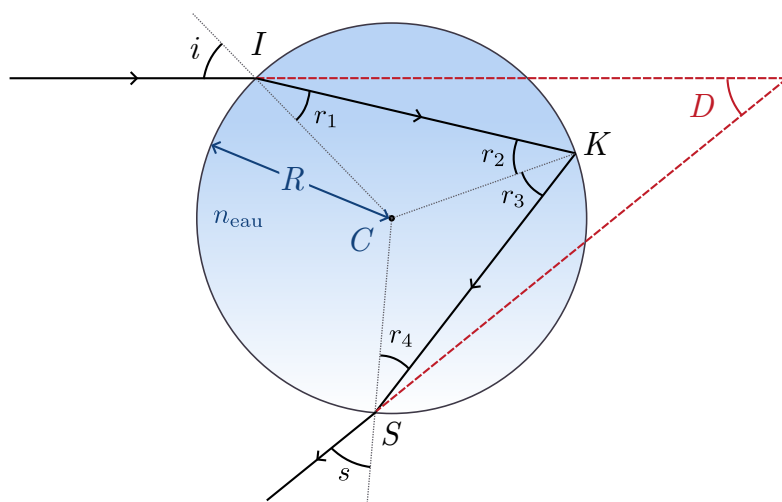


Figure 2 – Schéma de principe d'un rayon traversant une goutte d'eau sphérique en subissant une unique réflexion interne.

Q5. Justifier par un argument physique que les angles r_2 et r_3 sont égaux.

Q6. Justifier par des arguments géométriques que les angles r_1 et r_2 sont égaux. Qu'en est-il des angles r_3 et r_4 ?

Par la suite, on notera simplement r les angles r_1 , r_2 , r_3 et r_4 .

Q7. En utilisant la relation de Snell-Descartes, donner une relation reliant l'angle de réfraction r , l'angle d'incidence i et de l'indice de réfraction n_{eau} de l'eau. Faire de même pour l'angle r en fonction de l'angle s et n_{eau} .

Q8.* En utilisant les relations de la question précédente, justifier *soigneusement* que les angles i et s sont égaux.

I.2 Déviation des rayons (6 points)

La fonction D représentant l'angle de déviation (en radians) peut s'écrire en fonction des angles i et r sous la forme suivante :

$$D(i) = 4r(i) - 2i \text{ pour } i \in \left[0, \frac{\pi}{2}\right] \quad (1)$$

Q9. Exprimer D en explicitant $r(i)$ afin de faire apparaître uniquement la variable i .

Q10.* Rédiger une fonction Python qui retourne l'angle de déviation D à partir de l'angle d'incidence i (en radians) et de l'indice de réfraction n_{eau} , sa signature sera :

```
def deviation(i, n_eau):
```

On suppose que la bibliothèque `numpy` a été importée sous l'alias `np`.

Q11. Rédiger un script Python qui trace la courbe de $D = f(i)$ (similaire à la **Figure 3a**) pour une goutte d'eau ($n_{\text{eau}} = 1.33$) avec i variant entre 0 et $\pi/2$ radians avec 100 valeurs. Les valeurs de D et i peuvent être en radian ou en degré tant que les titres sur les axes sont corrects. On suppose que la fonction de la question 10 a été correctement définie et que `matplotlib.pyplot` a été importée sous l'alias `plt`.

Dans une situation réelle, toute la goutte est éclairée par la source lumineuse (soleil, projecteur...) située à une grande distance, on suppose donc que **les rayons incidents sont parallèles**. Du fait de la courbure de la goutte, les angles d'incidence i varient entre 0 et $\pi/2$ en fonction de la hauteur d'impact.

Nous allons étudier la variation de l'angle de déviation D en fonction de l'angle d'incidence i . La **Figure 3a** illustre la courbe de $D = f(i)$ pour une goutte d'eau ($n_{\text{eau}} = 1.33$). La **Figure 3b** illustre la simulation d'une myriade de rayons traversant une goutte d'eau. On ne montre ici que les rayons sur une moitié de la goutte pour plus de clarté, mais le même système de rayons existe sur l'autre moitié de la goutte.

Nous admettons que l'expression de la dérivée de D par rapport à i est :

$$D'(i) = \frac{4 \cos(i)}{\sqrt{n_{\text{eau}}^2 - \sin^2(i)}} - 2 \quad \text{pour } i \in \left[0, \frac{\pi}{2}\right] \quad (2)$$

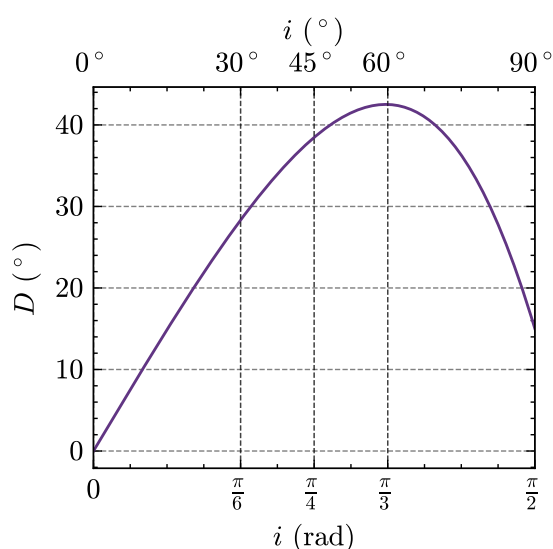
Nous admettons également que cette fonction a un unique extremum sur son domaine de définition et que cet extremum est un *maximum*, comme illustré sur la **Figure 3a**.

Q12. Quel lien existe-t-il entre le signe de la dérivée d'une fonction et les variations de cette fonction ?

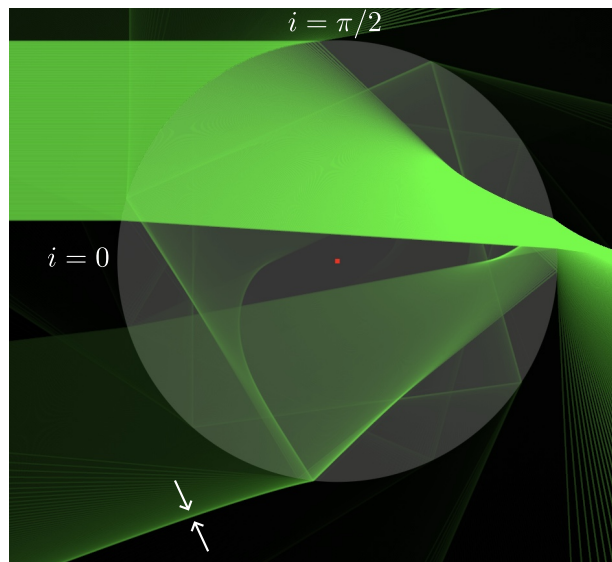
Q13.* Montrer que l'angle d'incidence i_m pour lequel l'angle de déviation D est maximal peut s'écrire :

$$i_m = \arccos \left(\sqrt{\frac{n_{\text{eau}}^2 - 1}{3}} \right) \quad (3)$$

Il peut être utile de se rappeler de l'identité trigonométrique $\sin^2(\theta) + \cos^2(\theta) = 1$ (pour $\theta \in \mathbb{R}$).



(a) Angle de déviation D en fonction de l'angle d'incidence i pour une goutte d'eau ($n_{\text{eau}} = 1.33$).



(b) Simulation de rayons parallèles interagissant avec une goutte d'eau.

Figure 3

Q14. En utilisant la **Figure 3a**, justifier qualitativement qu'il y a une **concentration** de rayons émergents autour de l'angle de déviation maximal $D_m = D(i_m) \approx 42^\circ$, comme pointé par les deux flèches blanches de la **Figure 3b**.

Nous allons donc retenir que dans une situation réelle, une grande partie des rayons lumineux émergents de la goutte d'eau le font avec un angle proche de $D_m \approx 42^\circ$. Nous allons maintenant étudier l'effet de la dispersion sur cette déviation.

I.3 Dispersion de l'eau (2 points)

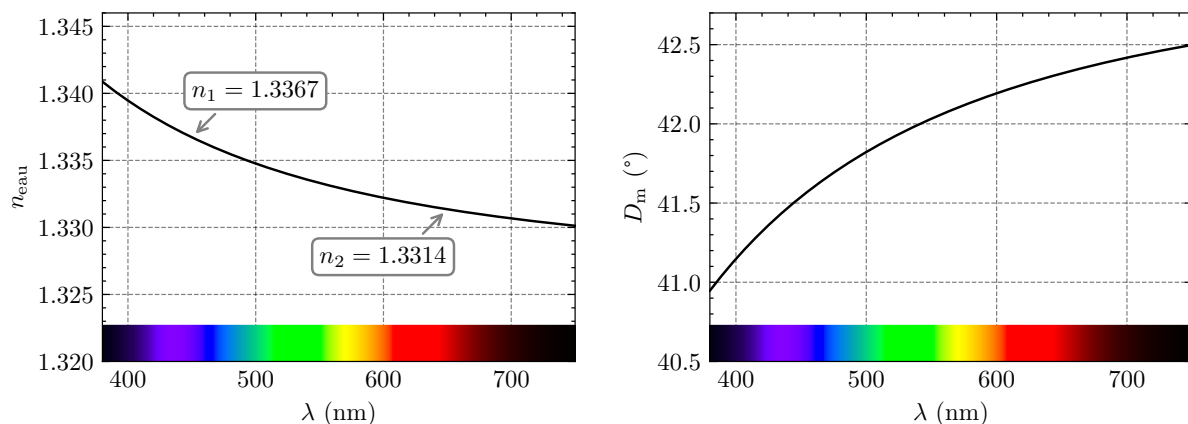
La dispersion de la lumière dans l'eau est cruciale pour comprendre la formation de l'arc-en-ciel. Les valeurs de l'indice de réfraction n_{eau} en fonction de la longueur d'onde λ sont illustrées dans la **Figure 4a**.

Nous avons vu dans la partie précédente, que l'angle de déviation maximal D_m dépend de l'indice de réfraction n_{eau} de l'eau (via l'équation 3 donnant i_m). Par ailleurs, pour une longueur d'onde donnée, les rayons se concentrent autour de l'angle de déviation maximal D_m . Ainsi, lorsque la lumière blanche (contenant toutes les longueurs d'onde visibles) traverse une goutte d'eau, chaque composante spectrale (chaque couleur) subit une déviation différente en raison de la variation de l'indice de réfraction avec la longueur d'onde. La **Figure 4b** trace l'angle de déviation maximal D_m en fonction de la longueur d'onde λ .

Nous considérons que les limites de la lumière visible seront : $\lambda_1 = 450 \text{ nm}$ (lumière violette) et $\lambda_2 = 650 \text{ nm}$ (lumière rouge).

Q15. En utilisant les courbes des **Figure 4a** et/ou **Figure 4b**, déterminer quelle figure (entre **Figure 5a** et **Figure 5b**) montre un sens de déviation des faisceaux correct pour les différentes couleurs. Justifier votre réponse.

Nous avons donc trouvé que les rayons lumineux de longueur d'onde λ_1 (violet) et λ_2 (rouge) subissent des déviations maximales différentes en traversant une goutte d'eau sphérique.



(a) $n_{\text{eau}} = f(\lambda)$ (valeurs issues de *Hale, G M and Querry, M R*, Appl. Opt., 1973).

(b) Déviation maximale D_m en fonction de la longueur d'onde λ

Figure 4

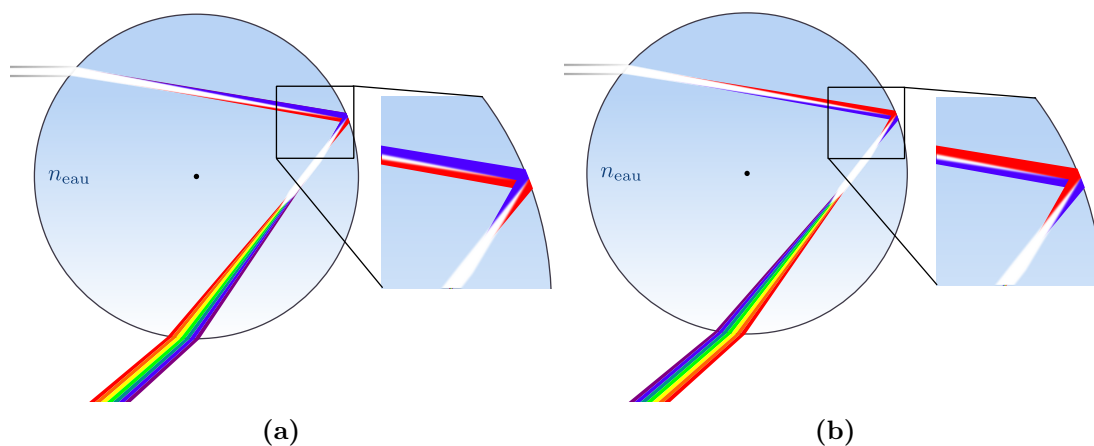


Figure 5 – Schémas du parcours d'un rayon blanc à travers une goutte d'eau avec la prise en compte de la dispersion. Un zoom est présenté à droite de chaque figure pour plus de clarté.

Nous supposons que seuls les rayons subissant une déviation maximale pour leur longueur d'onde respective sont représentés.

Ainsi, les rayons violets émergent avec un angle D_{m,λ_1} tandis que les rayons rouges émergent avec un angle D_{m,λ_2} .

I.4 Captation de l'arc-en-ciel (6 points)

Nous cherchons à filmer un arc-en-ciel avec une caméra afin de faire un *time-lapse* depuis le toit de la Cité du Cinéma. La captation aura lieu le 8 avril 2026. L'élévation du soleil θ en fonction du temps ce jour-là est illustrée en **Figure 6b**. La caméra est équipée d'un capteur de dimensions : 30×15 mm, avec une définition de 2000×1000 pixels. Nous filmerons une image horizontale. Le bord inférieur du champ de la caméra sera aligné avec l'horizon afin de capter un maximum de l'arc-en-ciel.

■ **Q16.** Expliquer pourquoi un arc-en-ciel est un *arc*.

On considère que l'observateur est situé à une distance $d = 1$ km d'un rideau d'eau représenté en **Figure 6a**. Par chance, ce rideau d'eau restera fixe pendant toute la durée de la captation.

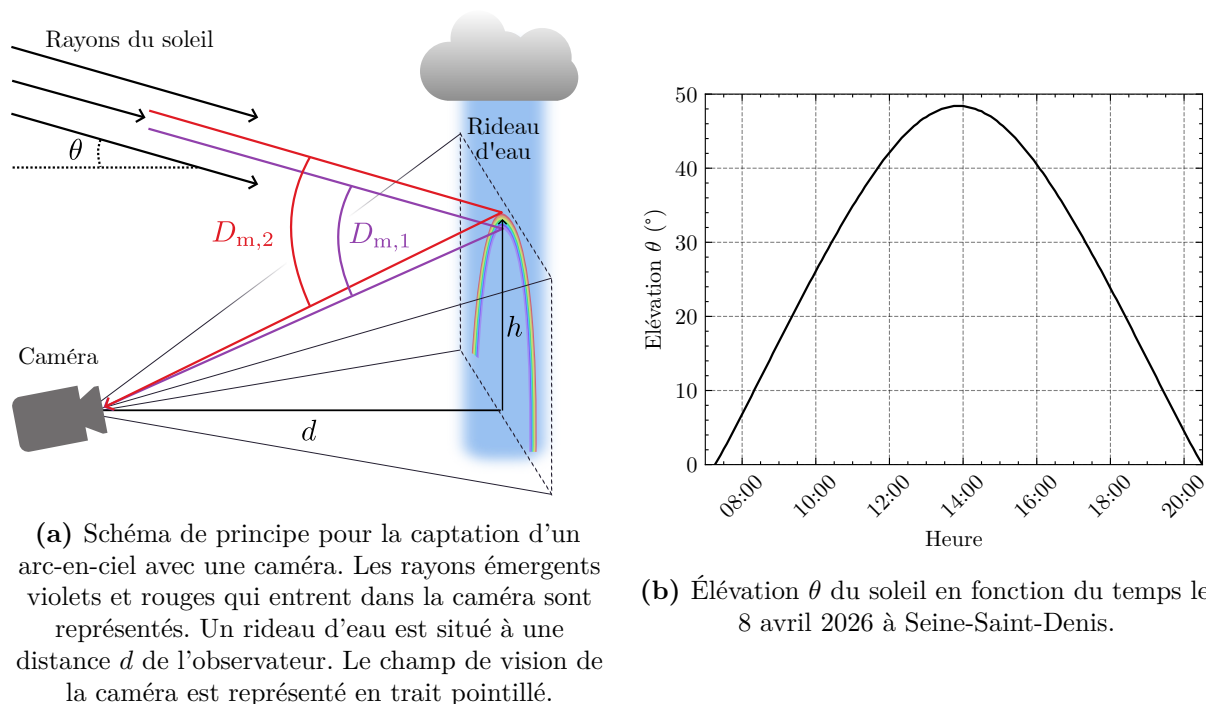


Figure 6

Q17. Estimer la hauteur h au haut de l'arc-en-ciel à 19h15 (avec $\theta = 12^\circ$). On utilisera un angle de déviation moyen des rayons de $\overline{D_m} = 42^\circ$.

Q18.* Comment varie cette hauteur h entre 19h15 et le coucher du soleil ?

Nous montons sur la caméra un objectif de focale $f' = 30$ mm, dont la mise au point est réglée à l'infini. Nous rappelons que la hauteur du capteur de la caméra est de 15 mm.

Q19. Calculer l'angle de champ de vue vertical de la caméra équipée de cet objectif. Nous pourrions effectuer l'approximation suivante : $\tan(\theta) \approx \theta$ pour de petits angles.

Q20.* D'après la **Figure 6b**, quelle(s) plage(s) horaire(s) permet(tent) de capter l'arc-en-ciel en entier (de l'horizon à son sommet) avec la caméra équipée de l'objectif de focale $f' = 30$ mm ? Justifier votre réponse.

Pour effectuer ce *time-lapse*, nous prenons une image par seconde entre 18h15 et 19h15. Chaque image est de taille 2000×1000 pixels, les pixels sont codés sur 3 octets = 24 bits (1 octet = 8 bits par couleur RVB), sans compression.

Q21. Calculer l'espace qu'occupe une image en mémoire. Enfin estimer la taille totale des données générées pendant toute la durée du *time-lapse*.

Fin

Annexe

Formulaire

- Formule de la réfraction de Snell-Descartes : $n_1 \sin(i_1) = n_2 \sin(i_2)$.
- Conversion radian-degré : $\pi \text{ rad} = 180^\circ$
- L'identité trigonométrique : $\sin^2(x) + \cos^2(x) = 1$ pour tout réel x .
- $\pi \approx 3.14159$
- Fonctions trigonométriques réciproques
 - **Arc sinus** $\arcsin : [-1, 1] \rightarrow [-\frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{2}]$: $\sin(\arcsin(x)) = x$ et $\arcsin(\sin(y)) = y$.
 - **Arc cosinus** $\arccos : [-1, 1] \rightarrow [0, \pi]$: $\cos(\arccos(x)) = x$ et $\arccos(\cos(y)) = y$.
 - **Arc tangente** $\arctan : \mathbb{R} \rightarrow]-\frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{2}[$: $\tan(\arctan(x)) = x$ et $\arctan(\tan(y)) = y$.
- Valeurs des fonctions trigonométriques courantes :

θ ($^\circ$)	0	15	30	45	60	90
θ (rad)	0	$\pi/12 \approx 0.26$	$\pi/6 \approx 0.5$	$\pi/4 \approx 0.79$	$\pi/3 \approx 1.05$	$\pi/2 \approx 1.57$
$\sin(\theta)$	0	≈ 0.26	$1/2$	$\sqrt{2}/2$	$\sqrt{3}/2$	1
$\cos(\theta)$	1	≈ 0.97	$\sqrt{3}/2 \approx 0.866$	$\sqrt{2}/2$	$1/2$	0
$\tan(\theta)$	0	≈ 0.27	$\sqrt{3}/3 \approx 0.577$	1	$\sqrt{3}$	∞

Tableau 1 – Valeurs des fonctions trigonométriques courantes.

- Conversions d'octets¹
 - 1 Mo = 1 000 ko = 1 000 000 octets

Création de figures avec Matplotlib

- `plt.plot(x, y)` : trace une courbe avec les données `x` et `y`.
- `plt.xlabel("texte")` : ajoute un label à l'axe des abscisses.
- `plt.ylabel("texte")` : ajoute un label à l'axe des ordonnées.
- `plt.show()` : affiche la figure.

1. Ces valeurs ne sont pas exactes, mais cela permet de simplifier les calculs.