

TABLE DES MATIÈRES.

Introduction: historique de l'invention du cinéma	page 2
1°) Naissance officielle du cinéma	
2°) Historique de l'invention du cinéma	
3°) Chronologie des évolutions technologiques de la photographie et du cinéma	
La persistance rétinienne	page 6
Techniques de prises de vues	page 8
I. Cadrage du sujet	
II. Réglage de la netteté	
III. Bonne quantité de lumière.	
IV Profondeur de champ	
V. Contre-jour	
La lumière	page 12
I. La lumière blanche	
II. La matière et la couleur.	
III. Le laser	
Images en couleurs	page 14
Les techniques: procédés additifs et soustractifs	
Le laser	page 17
Le son au cinéma	page 18
I. Quelques problèmes de prise de son	
II. La synchronisation	
III. Les systèmes d'enregistrement du son.	
Le cinéma en relief	page 21
I. La perception en trois dimensions	
II. Le cinéma en relief	
Holographie	page 24
Images de synthèse 3D créées par ordinateur	page 25
1°) Principe	
2°) Utilisation de ces volumes	
Conclusion	page 27

**Collège Armand LATOUR
31160 ASPET
Tél: 05 61 88 40 80**

Les techniques de la photographie et du cinéma.

**PRÉPARATION PÉDAGOGIQUE POUR LA SORTIE AU
FUTUROSCOPE DE POITIERS**

INTRODUCTION:

1°) Naissance officielle du cinéma:

Les historiens s'accordent sur une date précise qui marque la naissance du cinéma. Le 28 Décembre 1895, les frères Lumière (Auguste -1862-1954- et Louis -1864-1948-) organisent la première projection cinématographique publique et payante dans un local parisien adapté à la projection de films.

L'appareil de projection, qui faisait office de caméra et de projecteur fut appelé CINÉMATOGRAPHE. Le brevet d'invention avait été déposé le 23 Février 1895 et la première projection publique eut lieu dix mois plus tard. Pendant ce laps de temps, les frères Lumière tournèrent une centaine de films limités à un plan-séquence de la durée de la bobine (une minute environ) avec caméra fixe. La technique était cependant impeccable et les films sont une fresque irremplaçable sur la vie de l'époque: costumes, vie quotidienne, transports...

Ne croyant pas en l'avenir du cinéma, les frères Lumière laissèrent à d'autres le soin d'exploiter les potentialités du cinématographe et reprirent leur métier: la chimie.

2°) HISTORIQUE de l'INVENTION du CINÉMA. Les animations qui ont précédé le cinéma:

a) les projections.

Qui dit cinéma dit projection. Qui, d'entre nous, ne s'est jamais amusé à faire des ombres chinoises alors qu'une source de lumière éclairait une surface plane et suffisamment claire pour servir d'écran? On peut même imaginer les hommes des cavernes se livrer à de telles pratiques dès qu'ils surent maîtriser le feu.

Ce type de projection est appelé ombres chinoises car ce spectacle d'ombres obtenues avec les mains que l'on place artistiquement entre la source de lumière et l'écran serait apparu en Chine au II^{ème} siècle avant Jésus Christ. Cependant, les ombres chinoises ne sont arrivées en Europe que vers la fin du XVII^{ème} siècle.

A Java s'est développé un spectacle de marionnettes projetées. Le marionnettiste, ou "dalang", était souvent accompagné par un orchestre et le spectacle avait un caractère religieux.

Au XVII^{ème} siècle va apparaître en Europe la lanterne magique. Les colporteurs, munis de cette lanterne, projettent sur drap blanc, grâce à la source lumineuse d'une bougie placée dans l'appareil, des images peintes à la main sur des plaques de verre. Une lentille placée à l'avant de l'appareil permet d'agrandir l'image projetée.

b) le dessin animé.

Ce n'est qu'au XIX^{ème} siècle que l'on va découvrir de façon empirique le phénomène de la persistance rétinienne et ses applications.

Phénomène de la persistance rétinienne: l'image qui se forme au fond de l'oeil est "conservée en mémoire" par les terminaisons nerveuses moins d'un dixième de seconde. Si l'oeil reçoit plus de 16 images par seconde, l'image projetée se superpose à la précédente qui est gardée en mémoire et est ensuite "recouverte" par la suivante sans que notre système nerveux puisse distinguer la rupture au changement d'image, de telle sorte que nous percevons un mouvement continu alors que, analysé image par image, il est saccadé.

Quelques expériences simples avaient pu contribuer à la découverte de ce phénomène: si nous agissons une source lumineuse au bout d'un bâton (une braise au bout d'un tison par exemple), nous pouvons dessiner dans l'obscurité de belles arabesques.

Si nous faisons tourner un carton avec un dessin différent sur chaque face présentée alternativement, les deux images se fondent à partir d'une certaine vitesse de rotation.

CONCLUSION:

Les techniques du cinéma ont très peu évolué en un siècle, preuve que les premiers appareils étaient très performants.

Si on excepte l'invention du son synchrone et de la couleur, il n'y a pas eu d'innovation spectaculaire dans les techniques cinématographiques, à part peut-être ces toutes dernières années où on a vu le cinéma bénéficier des avancées technologiques de l'informatique (son numérique et images de synthèse en 3D créées par ordinateur).

La véritable révolution attendue au cinéma c'est peut-être le cinéma en relief avec des acteurs virtuels qui s'affranchiraient de l'écran pour venir à la rencontre des spectateurs. Les projections holographiques nous le laissent espérer mais il y a encore beaucoup de progrès à accomplir en ce domaine pour accéder à des réalisations satisfaisantes.

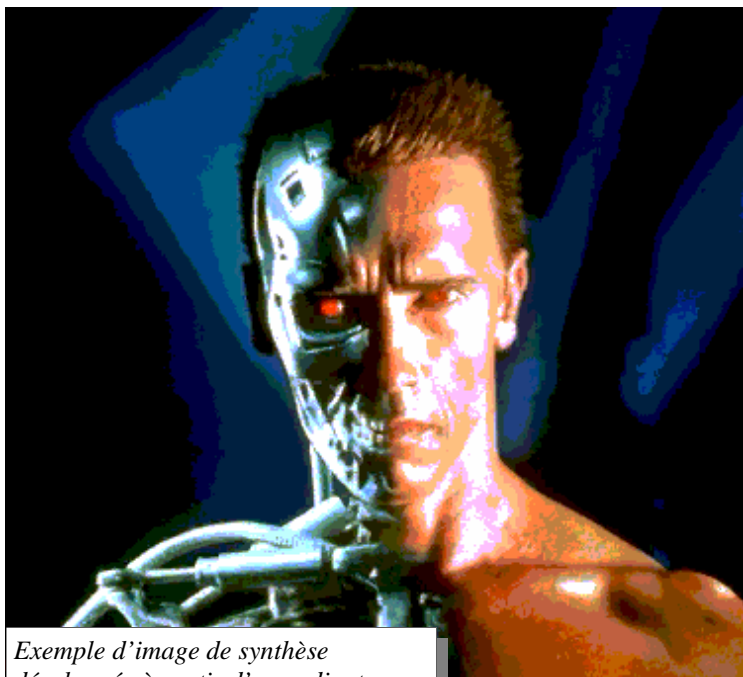
Les techniques de la photographie ...

animer; il faut alors paramétrer les diverses coordonnées des divers points du volume pour chaque étape du mouvement. Ces animations sont ensuite utilisées pour la réalisation d'effets spéciaux au cinéma (Exemple: "The Mask").

En 1996, Walt Disney a produit un film entièrement créé par ordinateur, décor et personnages: il s'agit du film TOY STORY.

Avantage:

Les sujets animés sont sauvegardés dans des mémoires auxiliaires; ils pourront être réutilisés pour des productions futures.



Exemple d'image de synthèse développée à partir d'un ordinateur: Arnold Schwarzenegger et sa modification informatisée dans Terminator II.

... et du cinéma.

Mais ce n'est qu'au XIX^{ème} siècle que l'on va vraiment exploiter ce phénomène.

Les expérimentations se présentent essentiellement sous forme de jouets:

- 1833: le **Phénakistiscope** (inventeur: Joseph Plateau). C'est un disque percé de fentes avec des dessins placés entre les fentes sur la face opposée à l'oeil. On regarde les images dans un miroir à travers les fentes.

- 1835: Horner invente le **Zootrope**. C'est un tambour tournant muni de fentes dans lequel on met des bandes de papier avec des dessins. Le principe est le même que pour l'invention précédente mais présente un avantage supplémentaire: on peut facilement changer la bande de papier donc le sujet de l'animation.

- 1877: Emile Reynaud invente le **Praxinoscope**. Proche parent du Zootrope, des miroirs placés au centre de l'appareil reflètent les images les unes après les autres; on ne regarde plus à travers les fentes mais dans les miroirs.

- 1888: Emile Reynaud crée le "**Théâtre optique**". C'est un Praxinoscope à projection qui fonctionne avec une bande de papier dessiné avec des perforations pour l'entraînement.

C) Apparition de la photographie dans les animations.

Au début, la photographie naissante ne permettait pas de prendre des instantanés assez rapides pour analyser le mouvement. C'est donc pour cela que dans un premier temps on a utilisé les dessins pour recréer l'impression de mouvement.

3°) Chronologie des évolutions technologiques de la photographie et du cinéma:

PHOTOGRAPHIE	CINÉMA:
<p>Fin du X^{ème} siècle: Un savant arabe, Ibn Al HAYTAM, invente le principe de la "caméra obscura" (chambre obscure). C'est un simple trou laissant rentrer dans une pièce fermée la lumière extérieure.</p> <p>1550: Girolamo CARDANO eut l'idée d'augmenter la luminosité de la "caméra obscura" en plaçant une lentille devant le trou par lequel la lumière pénétrait dans la chambre noire. Par ailleurs, les alchimistes savaient que la lumière transformait l'aspect de "l'argent corné" (chlorure d'argent fondu).</p> <p>1568: Daniele BARBARO intègre un diaphragme à cette lentille, ce qui permet de régler la quantité de lumière entrant dans la pièce.</p> <p>1727: Johann Heinrich SCHULZE montre qu'un papier enduit de chaux et de nitrate d'argent donne une image quand il est exposé au soleil sous un dessin.</p>	

<p>1826: Nicéphore NIÉPCE fixe une image photographique sur une plaque d'étain exposée au soleil pendant huit heures. Cette plaque d'étain était recouverte de bitume de Judée. La sensibilité à la lumière du bitume de Judée (dit aussi bitume de Syrie) est encore mise en application aujourd'hui pour créer des réserves de photogravure.</p> <p>1837: Louis-Jacques DAGUERRE, associé de Nicéphore Niépce, réussit à fixer durablement une image sur une plaque d'argent sensibilisée aux vapeurs de mercure.</p> <p>1839: Le savant et député François ARAGO fait acheter par le gouvernement français le brevet du procédé auquel Daguerre qui a travaillé avec Niépce donne son nom: le DAGUERRÉOTYPE, épreuve positive unique sur cuivre. En Angleterre, William-Henry FOX-TALBOT invente le procédé du négatif (ou CALOTYPE) qui permet le tirage de multiples épreuves identiques en positif.</p> <p>1861 à 1869: Travaux de Clerk MAXWELL et Charles CROS sur le procédé TRICHROME (photographie en couleurs).</p> <p>1869-1880: Réalisation de photographies en couleurs à base du procédé trichrome par L. DUCOS de HAURON.</p> <p>1873: L'obturateur fait son apparition dans les appareils photographiques: la lumière ne pénètre dans la chambre noire que pendant une fraction de seconde. La photographie entre dans l'ère de l'instantané En Californie, Edward MUYBRIDGE photographie à l'aide de 12, 24 puis 48 appareils photographiques placés côte à côte les diverses phases du galop du cheval.</p> <p>1880: Etienne-Jules MAREY enregistre les multiples étapes du mouvement d'animaux ou d'êtres humains sur un même négatif.</p>	<p>1826: En Angleterre, le Docteur J.A.PARIS invente le THAUMATROPE, jeu optique qui permet de superposer deux images fixes différentes placées sur chaque face d'un disque tournant rapidement.</p> <p>1832: Le Belge Joseph PLATEAU invente le PHÉNAKISTISCOPE.</p> <p>1834: L'Anglais William-George HORNER invente le ZOOTROPE</p> <p>1853: Un Autrichien, Franz Von UCHATIUS met au point le KINESTICOPE qui permet de projeter des disques de type phénakistiscope. Ce sont les premières images animées projetées.</p> <p>1877: Emile REYNAUD invente le PRAXINOSCOPE. Reynaud est le premier à réaliser une projection de spectacles dessinés, les "pantomimes lumineuses", au Musée Grévin de Paris, entre 1892 et 1900, devenant ainsi le "père" du dessin animé.</p>
---	--

IMAGES DE SYNTHÈSE 3D CRÉÉES par ORDINATEUR.

1° Principe:

Grâce à un logiciel spécifique de Création Assistée par Ordinateur, il est possible de créer des volumes enregistrés dans les mémoires de l'ordinateur en trois dimensions.

a) Volumes initiaux:

Ces volumes sont obtenus à partir:

- * de volumes simples prédéfinis: le parallélépipède, le cylindre, la pyramide et la sphère.
- parallélépipède. Origine: coin supérieur gauche. Puis longueur, hauteur et profondeur.
- cylindre. Origine: centre du disque inférieur. Puis rayon et hauteur.
- pyramide. Origine: centre du cercle de la base. Puis: rayon de la base, rayon du cercle supérieur (qui peut définir un tronc de pyramide), hauteur entre base inférieure et disque supérieur et enfin nombre d'arêtes qui permet de passer de la pyramide (nombre d'arêtes restreint) au cône (nombre d'arêtes élevé), du tronc de pyramide au tronc de cône.
- sphère. Origine: centre de la sphère. Puis rayon.

* de volumes construits à partir de surfaces que l'on crée d'abord et auxquelles on fait subir soit une TRANSLATION soit une ROTATION.

* de volumes créés par maillage en partant de volumes existants photographiés au LASER (voir principe des hologrammes). Chacun des points d'intersection du maillage est repéré dans l'espace et les coordonnées peuvent être modifiées en fonction de l'effet désiré.

b) Les volumes peuvent être manipulés dans l'espace en paramétrant l'origine et en opérant, selon les trois axes qui définissent l'espace (droite-gauche, hauteur et profondeur) des ROTATIONS ou des TRANSLATIONS.

c) Création de volumes complexes: on les obtient en effectuant des opérations booléennes d'ADDITION, de SOUSTRACTION, d'INTERSECTION etc...

d) Finitions: On pourra donner aux volumes créés un aspect de surface (généralement prédéfini dans le logiciel) et une couleur que l'on choisira également dans la palette du logiciel. Les effets de perspective et d'ombres sont ajoutés automatiquement par le logiciel. On peut même décider d'où vient la lumière et à ce moment-là l'ordinateur recalcule ombres et reflets.

2° Utilisation de ces volumes:

a) Décors: on pourra utiliser ces volumes pour créer des décors (décors de jeux électroniques par exemple, mais aussi décors d'animations). Étant donné que ces décors existent en trois dimensions dans les mémoires de l'ordinateur, il sera possible de s'y promener en déplaçant le pointeur du logiciel: c'est ce que l'on fait par exemple lorsqu'on actionne le joystick d'un jeu électronique.

Une utilisation plus pédagogique est illustrée par la restauration en trois dimensions de ce que devaient être certains sites archéologiques du temps de leur splendeur. Il suffit alors de déplacer le pointeur à l'intérieur de ces reconstitutions et d'enregistrer sur support vidéo les images successives obtenues pour avoir l'impression de "visiter" le site à son époque. Nous avons de magnifiques illustrations de ce procédé effectuées à l'aide des ordinateurs de EDF, archéologues et informaticiens travaillant en étroite collaboration pour restaurer les temples égyptiens, la Rome antique ou la Grèce antique...

b) Sujets animés. Mais on peut aussi utiliser les volumes créés en trois dimensions pour les

HOLOGRAPHIE.

Un hologramme est un cliché photographique transparent qui s'obtient en faisant interférer un faisceau de référence provenant directement d'un laser et un faisceau réfléchi et diffracté par l'objet à représenter. En fait, le principe consiste à enregistrer sur une même surface photosensible DEUX ONDES issues d'une MÊME SOURCE: une onde directe et une onde diffractée.

Solution:

On éclaire l'objet à photographier avec un rayon laser. Il se produit à partir de l'objet une onde réfléchie et diffractée (a) par l'objet. On place la surface photosensible sur le trajet du rayon réfléchi.

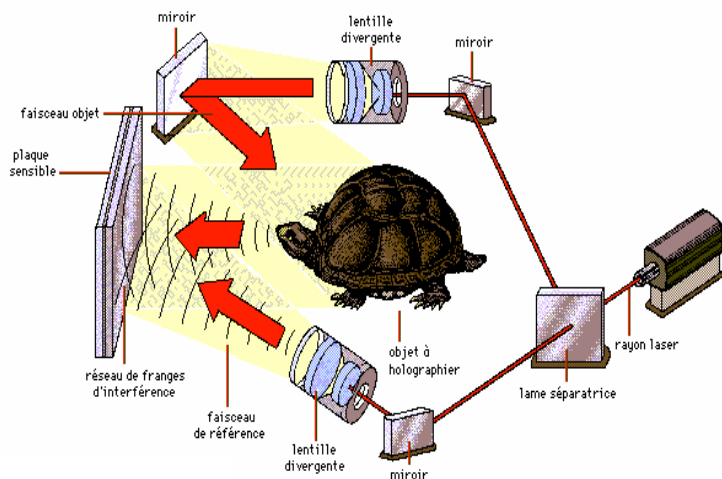
D'autre part, sur le rayon direct, entre le canon laser et l'objet, on place un miroir semi-transparent qui laisse passer ce rayon tout en le réfléchissant. On renvoie ce dernier rayon réfléchi sur la surface photosensible qui va enregistrer les ondes d'interférence (b) issues des deux rayonnements qui y parviennent.

a) Diffraction = modification de la direction de propagation d'une onde au voisinage d'un obstacle.

b) Ondes d'interférence:

Lorsqu'on lance un caillou dans une mare, il se produit des ondes à partir du point d'impact. Les ondes sont une succession de "ventres" et de "creux" qui se déplacent de façon concentrique.

Si je lance deux cailloux en même temps dans la même mare, les ondes se rencontrent et s'entrecroisent. Les "ventres" de l'une s'ajoutent aux "ventres" de l'autre, il se produit d'autres ondes qu'on appelle des ondes d'interférence et qui, contrairement aux premières, semblent immobiles. C'est cette dernière particularité qui explique qu'il soit plus facile de les enregistrer sur une surface photosensible.



Réalisation d'un cliché holographique

1889:

L'Américain George EASTMAN exploite la formule chimique du nitrate de cellulose élaborée deux ans plus tôt par Hannibal GOODWIN pour fabriquer la pellicule souple. Cette longue bande de pellicule équipe les appareils KODAK, appareils portatifs avec bobine de film.

1882:

MAREY met au point le fusil photographique

1890:

MAREY utilise le film souple pour chronophotographier les phases successives d'un mouvement sur une bande mobile qui, lors de son déroulement, est bloquée par des pinces au moment de l'ouverture de l'obturateur.

1891:

Aux U.S.A., Thomas EDISON met au point avec Laurie DICKSON le KINÉTOSCOPE. Cet appareil projette de courts films tournés avec le KINÉTOGRAPHE sur bande mobile perforée de 35mm de large. La perforation permet un entraînement régulier par une roue dentée. Mais il n'y a qu'un spectateur unique. Kinétographe: la grande invention d'Edison est ici la griffe d'entraînement qui fait défiler la pellicule derrière l'objectif et la bloque à espaces très réguliers, et ceci pendant que l'obturateur ferme l'entrée de lumière. Edison employait une fréquence de 46 images par seconde.

1892:

Emile REYNAUD présente son théâtre optique au Musée Grévin. Projection de scènes animées sur écran translucide. 12 Février 1892: Léon BOULY dépose le brevet du CYNÉMATOGRAPHE proche du chronophotographe de Marey.

1895:

Premières projections des films de Louis et Auguste LUMIERE. Les frères LUMIERE furent les premiers à réaliser la matière-même du cinéma: le film.

6 Octobre 1927:

Première projection d'un film parlant: LE CHANTEUR DE JAZZ: film qui comporte deux chansons et quelques mots de l'acteur Al Jolson enregistrés en direct.

1932:

Première caméra couleur, la Technicolor de la Technicolor Motion Picture Corporation américaine.

1906:

Auguste et Louis LUMIERE réalisent commercialement la plaque AUTOCHROME de photographie en couleurs utilisant le procédé additif (voir IMAGES en COULEURS)

1935:

Les Américains Léopold MANNES et

Léopold GODOVSKI inventent le premier KODAKCHROME, bientôt suivis par la firme allemande AGFA.
Pellicule couleur: il y a trois émulsions: une sensible au vert, une au rouge et une autre au bleu. Ces trois couleurs primaires additionnées dans des proportions convenables permettent de recréer les sensations colorées de la nature. La réalisation de ce principe porte le nom de "méthode additive" (voir aussi méthode soustractive)

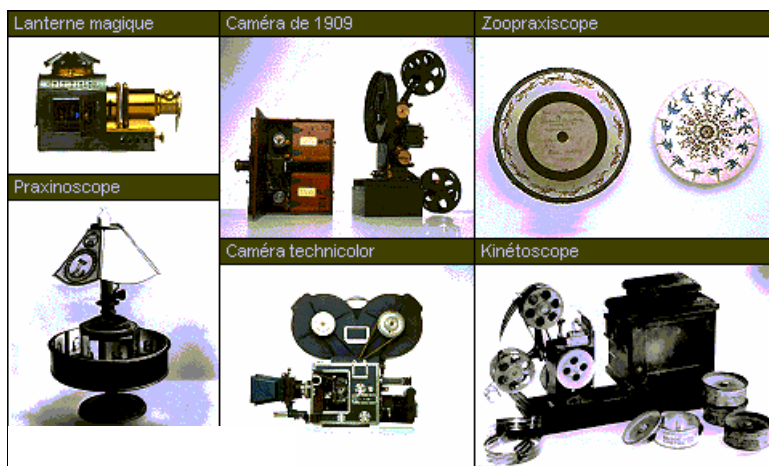
Années 1950:
Naissance du cinémascope et des superproductions (exemple: BEN-HUR, film de William WYLER en 1959.)

b) Sans utilisation de filtres, le procédé IVANOF a permis, en plaçant devant l'écran de projection une sorte de grille mobile, d'obtenir en ex-URSS des effets stéréoscopiques intéressants, tout au moins dans certaines conditions. Mais on n'a pas encore réalisé de cette façon une véritable exploitation pratique.

c) La projection de supports holographiques permet d'obtenir des images en relief sans que l'on ait besoin du support de l'écran. Mais si ce procédé permet sans trop de problèmes de reproduire des sujets isolés, la projection des sujets dans un décor n'a pas encore donné de résultat probant. Autre problème de taille: la restitution des couleurs.

Nota:

L'utilisation d'écrans de très grandes dimensions et semi-sphériques permet également d'apporter une sensation de relief en plongeant le spectateur au centre de la scène. On a pu compléter cette sensation en agitant les fauteuils des spectateurs en fonction des images projetées ou en jouant sur le son, avec des haut-parleurs qui entourent les spectateurs (effet de "surrounding") et en utilisant des infrasons ou des sons très graves qui agissent sur le métabolisme du corps humain.



LA PERSISTANCE RÉTINIENNE.

Le cinéma ne peut exister que grâce à une imperfection physique de notre corps humain que l'on appelle la persistance rétinienne.

En effet, la lumière et donc les images qui pénètrent dans la chambre noire de notre oeil atteignent la vitesse de 300 000 kilomètres à la seconde: quasi instantané!

Il en va autrement de la transmission du message à notre cerveau et des diverses rectifications (n'oublions pas, par exemple que l'image qui se forme au fond de notre oeil est inversée par rapport à la réalité). Le temps que mettent les terminaisons nerveuses de la rétine pour capter le message optique, plus le temps que met le nerf optique pour véhiculer le message jusqu'au centre de vision du cerveau, plus enfin le temps que met ce centre nerveux pour analyser et réorganiser le message, cela fait un laps de temps non négligeable. Ajoutons que la rétine de notre oeil "garde en mémoire" l'image captée pendant environ un dixième de seconde. Si, pendant ce laps de temps, une autre image pénètre dans la chambre noire de notre oeil, cette dernière vient se superposer à la première qui était en mémoire. Nous percevons une continuité entre les deux images même si en fait deux images distinctes ont impressionné notre oeil.(voir le principe du

Les techniques de la photographie ...

complémentaire pour la caméra de droite. On obtient donc au développement deux films qui sont dénaturés au niveau des couleurs, l'un étant complémentaire de l'autre.

Lors de la projection, il suffit de restituer la couleur manquante en imposant au spectateur le port de lunettes équipées de verres identiques à ceux qui ont été utilisés pour les filtres de la prise de vues.

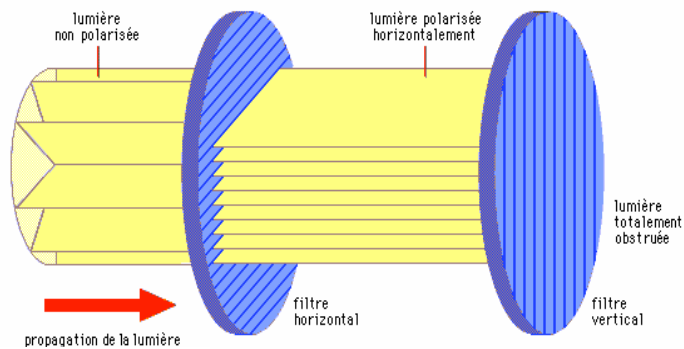
Expérimentation: Observation d'images-anaglyphes extraites d'un film utilisant ce procédé de restitution du relief.

Cependant, ce système pose quelques problèmes au niveau de la restitution des couleurs. En 1996, un film en 3D de Jean-Jacques ANNAUD est projeté dans une salle du Futuroscope de Poitiers. Ce survol de la Cordillère des Andes est projeté sur un écran géant (haut de plusieurs étages). Ici la sélection image droite-image gauche est réalisée à l'aide de filtres polarisants, tant à la prise de vues effectuée à l'aide d'une caméra à deux objectifs et d'un poids impressionnant, qu'à la projection où les mêmes filtres polarisants équipent les lunettes des spectateurs.

Polarisation:

La lumière directe (celle du soleil par exemple, ou celle d'une image projetée dans le cas ci-dessus), traversant une matière polarisante (le quartz par exemple) est décomposée en un rayon direct qui suit la direction initiale et en rayons réfléchis qui, en fonction de la matière, se répartissent suivant un certain angle dans le plan de cette matière. Si on superpose deux lames de matière polarisante et si on les fait tourner l'une sur l'autre on constate que la lumière directe varie considérablement en intensité, jusqu'à devenir nulle.

Il existe deux types de polarisation angulaire: une polarisation à droite et une à gauche. C'est cette double propriété qui va permettre la sélection des images pour le film en 3D comme exposé ci-dessus.



Principe de la polarisation

... et du cinéma.

THAUMATROPE)

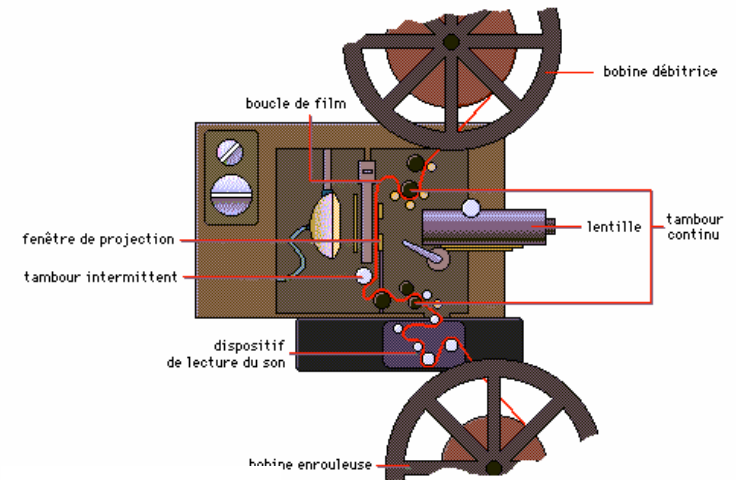
Au cinéma, une série de photos distinctes présentant de légères différences les unes par rapport aux autres viennent impressionner notre œil à la cadence de:

- 16 images par seconde pour les premiers films muets en noir et blanc.
 - 24 images par seconde pour un film normal.
 - 18 ou 24 images par seconde pour un film d'amateur sur pellicule.
 - 25 images par seconde (50 demi-images par seconde) pour un film vidéo ou pour la télévision.
- Ces images sont parfaitement distinctes, cependant notre système visuel établit une continuité entre elles: nous ne sommes pas capables de distinguer les différentes images d'un film projeté à une cadence supérieure à 15 épreuves par seconde et heureusement car sinon le cinéma ne pourrait pas exister!!!

Technique cinématographique:

Les diverses images sont placées les unes à la suite des autres sur un support souple qu'on appelle le FILM. Ce film comporte, sur au moins un côté et souvent sur les deux une rangée de PERFORATIONS. Des GRIFFES d'ENTRAÎNEMENT amènent les images les unes après les autres devant une FENÊTRE de PROJECTION. La source lumineuse qui est derrière cette fenêtre projette l'image sur l'ÉCRAN pendant que l'OBTURATEUR qui se trouve à l'avant de la fenêtre de projection laisse passer la lumière. Puis l'obturateur cache le faisceau lumineux issu de la fenêtre de projection et les griffes entraînent le film pour mettre en place l'image suivante. Et le cycle recommence...

Schéma d'un appareil de projection (document Microsoft)



TECHNIQUES de PRISES de VUES.

Nous avons vu qu'un film est composé d'une série de photos.
Pour prendre cette série de photos, nous rencontrerons donc les mêmes problèmes que pour prendre une seule photo avec un appareil photographique.
Nous vous proposons donc dans ce paragraphe de voir les principales règles à observer pour prendre de bonnes photos.

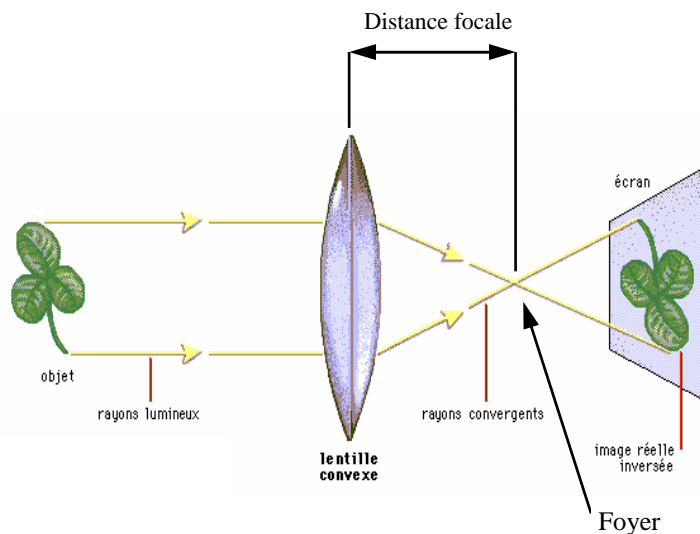
Pour réussir une photo, on doit:

- cadrer le sujet de façon satisfaisante.
- régler la netteté.
- laisser rentrer dans l'appareil suffisamment de lumière pour impressionner convenablement le film.

Chacun de ces points implique des réglages qui, à la fin, doivent être compatibles.

I. CADRAGE DU SUJET:

Lorsqu'on fait une photo, on sélectionne dans l'espace visuel une partie de cet espace.
On exceptera de cette étude le choix du sujet et sa disposition dans l'espace choisi, choix qui relèvent directement des goûts artistiques.
Disons que, pour sélectionner l'espace choisi, on peut se déplacer avec l'appareil de prises de vues en s'avançant vers le sujet ou en s'en éloignant, mais beaucoup d'appareils modernes permettent de mieux cadrer le sujet grâce au changement du système optique (c'est-à-dire de l'objectif). On a en effet des objectifs qui permettent de sélectionner une grande partie du champ visuel (ce sont les optiques grand-angle), des objectifs qui correspondent pratiquement à notre vision (ce sont les objectifs de 40 ou 50 mm) et enfin des objectifs qui sélectionnent une petite partie du champ visuel et donnent une impression de grossissement (ce sont les télé-objectifs). Chaque objectif est défini par sa **distance focale** (voir croquis)



LE CINÉMA EN RELIEF

I. LA PERCEPTION EN TROIS DIMENSIONS:

Nous ne pouvons avoir une perception du relief que parce que nous avons deux yeux. Chaque oeil capte une image et les deux images sont sensiblement différentes. Pour vérifier cela, posez devant vous un objet à une cinquantaine de centimètres de vos yeux et regardez-le alternativement avec un oeil puis avec l'autre. Notez ensuite la position de cet objet par rapport au décor qui est à l'arrière-plan.

Le centre de vision de notre cerveau fait ensuite l'amalgame entre les deux images et nous avons l'impression de ne voir qu'une seule image, mais nous avons une idée précise du relief de l'objet: nous pouvons en évaluer les diverses distances et mesures.

Expériences:

a) poser un bouchon de liège sur une table. Reculer d'un pas puis, en avançant, frapper ce bouchon d'une chiquenaude. En principe, on réussit assez facilement à l'atteindre.
Recommencer ensuite le même jeu en fermant un oeil. Le score de réussite est beaucoup moins élevé. Pourquoi?

b) Un montage binoculaire composé de deux petits périscopes accolés en opposition vous permet d'augmenter la perception du relief. En effet, tout se passe comme si on avait écarté l'axe de vos yeux.

Quels animaux ont les yeux écartés d'une trentaine de centimètres?

Vous avez avec ce montage la vision binoculaire de ces animaux.

Partant de cette expérience, il est possible de prendre simultanément deux photos d'un même sujet, avec deux appareils identiques séparés d'une trentaine de centimètres. Si, avec un appareil spécial, on observe en même temps ces deux clichés, l'oeil gauche regardant la photo prise avec l'appareil de gauche et l'oeil droit la photo prise avec l'appareil de droite, nous avons l'impression de ne voir qu'une seule photo qui présente un effet de relief important.

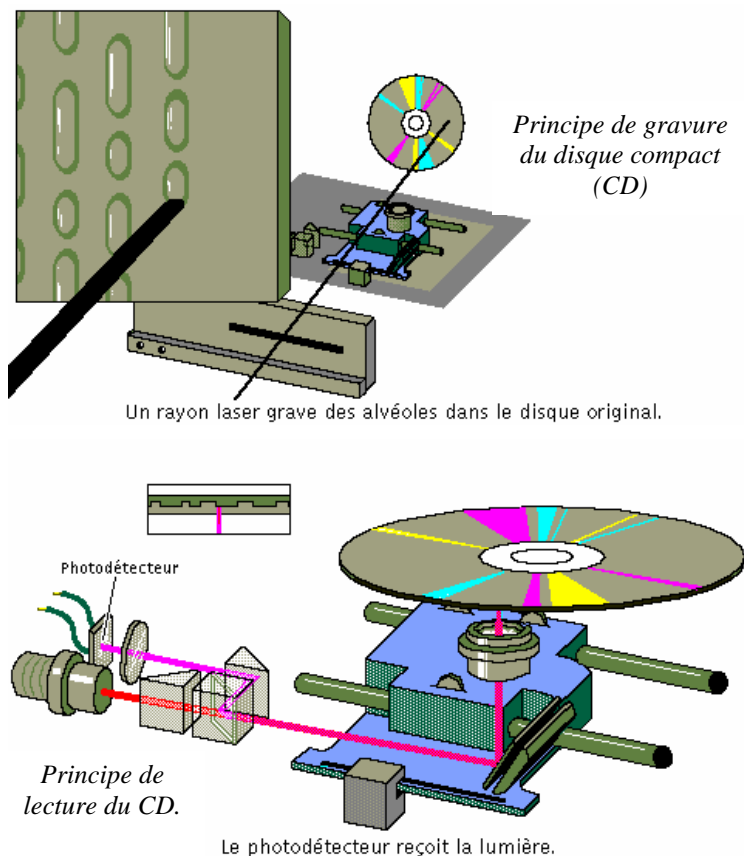
Cependant, si l'observation de diapositives est aisée, il en va autrement pour un film au cinéma et on doit avoir recours à quelques artifices.

II. LE CINÉMA EN RELIEF:

En effet, au cinéma, on doit projeter sur un même écran les deux images prises par deux caméras distantes d'une trentaine de centimètres et nous voyons ces deux images sans pouvoir les dissocier: le résultat est une image très floue.

Il faut donc pouvoir dissocier ces deux images pour avoir une perception binoculaire. Plusieurs solutions s'offrent à nous:

a) Le procédé le plus courant consiste à sélectionner à la prise de vues chaque film (le gauche et le droit) par deux filtres de couleurs complémentaires (VERT et MAGENTA par exemple, ou ROUGE et CYAN), un filtre d'une couleur pour la caméra de gauche et un filtre de la couleur



chiffre 0 (pas de tension électrique) ou par le chiffre 1 (présence d'une tension électrique). Ces bits sont enregistrés mécaniquement sur le support du disque compact sous forme d'alvéoles à fond plat et aux parois abruptes. Ces parois abruptes, lorsqu'elles passent devant la tête-laser déclenchent un signal correspondant au 1. Toutes les surfaces planes (fond de l'alvéole ou surface plane du support) correspondent au 0. Les octets correspondant aux divers sons sont ensuite décodés et le résultat électrique, amplifié, est envoyé sur les haut-parleurs qui restituent le son initial.

Le son numérique est beaucoup plus pur que le son obtenu avec les autres systèmes; on évite en particulier les bruits de fond parasites (souffle).

Il existe des objectifs qui permettent une sélection variant du grand-angle au télé-objectif: ce sont les OBJECTIFS à FOCALE VARIABLE que l'on appelle aussi ZOOMS. Chaque position de la bague de cadrage correspond à une distance focale bien précise; on peut lire cette distance focale directement sur l'échelle de graduations de l'objectif.

II. RÉGLAGE DE LA NETTETÉ:

Sur une des bagues de l'objectif, on peut lire des graduations exprimées généralement en pieds (feet) et en mètres. Dans un premier temps, on règle cette distance en reportant face au repère la distance qui sépare l'appareil du sujet à photographier.

Sur la plupart des appareils, on peut régler directement cette distance en utilisant le système optique de mise au point qui apparaît au centre du viseur: c'est généralement un disque dans lequel la partie centrale est partagée en deux par un diamètre. Lors de la visée, choisir sur le sujet une arête vive et croiser cette arête vive avec la ligne de diamètre du système de mise au point. Tant que l'arête reste ligne brisée à l'intérieur du système de mise au point, le réglage de la distance est mauvais.

* Profondeur de champ:

Une fois la distance réglée, il faut savoir qu'il y a peu de chances pour que tout l'espace sélectionné soit net; le sujet sera net, une partie de l'espace situé entre le sujet et l'appareil sera nette, une autre zone au-delà du sujet sera nette également, mais le reste sera flou. On appelle profondeur de champ la zone qui est nette, entre les deux limites. En gros, lorsqu'on a fait la netteté sur le sujet, cette profondeur de champ se répartit ainsi:

- un tiers en deça du sujet
- deux tiers au-delà du sujet.

Mais on pourra utiliser cette profondeur de champ pour améliorer la netteté au premier plan ou à l'arrière-plan, ou au contraire pour créer des flous artistiques.

Attention: Comme nous allons le voir plus loin, cette profondeur de champ va dépendre étroitement:

- de la distance-focale,
- et du diaphragme choisi.

III. BONNE QUANTITÉ DE LUMIERE:

C'est la lumière pénétrant dans la chambre noire de l'appareil qui va impressionner le film et donc créer la photographie. La quantité de lumière doit être juste suffisante:

- s'il n'y en a pas assez, l'épreuve (la photo) est sous-exposée et le tirage sera sombre.
- s'il y en a trop, l'épreuve est surexposée et le tirage sera trop clair ou pas assez contrasté.

Deux paramètres sont à considérer pour régler cette quantité de lumière: le diaphragme et la vitesse de déclenchement.

1°) Le DIAPHRAGME: c'est le diamètre de l'ouverture de l'objectif par laquelle la lumière pénètre dans l'appareil. Cette ouverture peut se choisir grâce à une bague de réglage sur l'objectif. Les graduations proposées sont: 32, 22, 16, 11, 8, 5.6, 4, 2.8, 1.7. (les indications extrêmes ne figurent pas toujours sur tous les objectifs).

Attention!

- a) Ce sont les nombres les plus petits qui correspondent aux plus grandes ouvertures de diaphragme.
- b) Certains appareils sont équipés d'un système de réglage automatique du diaphragme.

2°) La VITESSE de déclenchement.

Plus la vitesse est élevée, moins il y a de lumière pénétrant dans l'appareil.

Cette vitesse de déclenchement peut être choisie sur la bague de réglage de la vitesse ou peut être affichée sur une échelle graduée visible à l'intérieur du système de visée (point qui clignote,

vitesse qui s'affiche en gras etc...), et ce en fonction du mode de prises de vues choisi.

Il faut choisir une vitesse suffisante pour éviter les flous dus à un mouvement de l'opérateur ou à un mouvement du sujet.

- mouvements de l'opérateur: c'est l'opérateur qui "bouge" au moment où il déclenche la prise de vue. Une vitesse de 1/125^{ème} de seconde est généralement suffisante pour éviter cet inconvénient.

- si c'est le sujet qui bouge, diminuer encore le temps d'exposition: la vitesse de déclenchement pour photographier une voiture de course sera plus élevée que celle choisie pour photographier un cycliste...

Il existe des appareils automatiques qui règlent au mieux les deux paramètres VITESSE et DIAPHRAGME. On ne pourra procéder à aucun autre réglage supplémentaire.

D'autres appareils semi-automatiques donnent la PRIORITY à LA VITESSE: on règle la vitesse en la sélectionnant sur une bague de réglage, généralement située autour du bouton de déclenchement, et l'appareil règle automatiquement le diaphragme.

D'autres encore donnent PRIORITY au DIAPHRAGME: on règle le diaphragme et l'appareil règle automatiquement la vitesse. On peut régler la vitesse en agissant sur la bague des diaphragmes. Avec ce choix, on peut en plus intervenir sur la PROFONDEUR DE CHAMP (voir paragraphe spécial).

3°) Sensibilité du film:

Un film est essentiellement composé d'un support souple sur lequel on a déposé une couche photosensible de sels d'argent. Cette couche photosensible est plus ou moins sensible à la lumière; cette sensibilité est exprimée en ASA (système américain) ou en DIN (système allemand). Un film sensible (400 ASA) se contentera d'une quantité de lumière moindre; il pourra être utilisé pour photographier dans des endroits plus sombres. On choisira des films moins sensibles (100 ASA) pour photographier en plein soleil.

Dans les films moins sensibles, les sels d'argent ont un grain beaucoup plus fin, et, par conséquent, les épreuves sont beaucoup plus nettes.

IV. PROFONDEUR DE CHAMP.

Nous avons déjà vu que la profondeur de champ était une zone en profondeur dans laquelle la netteté est satisfaisante. Lorsqu'on fait la netteté sur le sujet, cette zone se répartit ainsi:

- Un tiers à l'avant du sujet

- Deux tiers à l'arrière du sujet.

Cette profondeur de champ peut être lue directement sur l'abaque qui se situe entre la bague des diaphragmes et celle de la netteté. Pour chaque ouverture de diaphragme on peut lire les distances minima et maxima de netteté.

Cette profondeur de champ dépend directement de deux choix:

- **La distance focale de l'objectif:** plus la distance focale de l'objectif sera courte, plus la profondeur de champ sera importante. Avec un objectif de 200 mm ou de distance focale supérieure, la profondeur de champ sera pratiquement nulle.

- **Le diaphragme:** plus le diaphragme sera fermé (nombres élevés), plus la profondeur de champ sera importante. La profondeur de champ diminue considérablement lorsqu'on ouvre le diaphragme (nombres inférieurs).

Comme le réglage du diaphragme se fait en fonction de la sensibilité du film et de la vitesse de déclenchement, la profondeur de champ va aussi dépendre indirectement de ces choix.

UTILISATION DE LA PROFONDEUR DE CHAMP:

On pourra utiliser cette profondeur de champ pour améliorer la netteté à l'avant ou à l'arrière du

1°) Le son OPTIQUE:

C'est la technique qui fut employée dès le début et qui est encore employée de nos jours.

Principe d'enregistrement: les bruits sont transformés en impulsions lumineuses qui sont enregistrées photographiquement sur la piste son.

Les impulsions électriques provoquées par le micro et amplifiées par un amplificateur font vibrer, proportionnellement à leur puissance, un galvanomètre oscillant sur lequel est fixé un miroir. Ce miroir réfléchit un rayon lumineux issu d'une lampe sur le support photographique du film. Tout un système de lentilles et de caches canalise ce rayon qui change d'intensité ou de direction en fonction de l'inclinaison du miroir.

A la lecture: Une lampe éclaire la piste sonore. De l'autre côté du film, une cellule photoélectrique récupère la lumière qui traverse l'enregistrement; ces impulsions photographiques sont transformées en courant électrique qui, amplifié, se transforme en son au niveau des haut-parleurs.

2°) Le son MAGNETIQUE:

Depuis 1950, on a recours aussi à une méthode tout à fait différente, qui n'a plus aucun caractère photographique.

Le principe initial, découvert dès 1898 par le physicien danois VALDEMAR POULSEN, et qui a permis la réalisation des magnétophones, repose sur la possibilité d'aimanter localement la surface d'un support en matière magnétique.

Les sons issus du micro sont de petites impulsions électriques qui, amplifiées, vont agir sur la tête d'enregistrement qui n'est autre qu'un petit électro-aimant. Au niveau de cette tête magnétique, il va se produire alors un effet magnétique variable suivant les intensités correspondant aux oscillations sonores.

On fait défiler sous la tête d'enregistrement la piste sonore du film, recouverte d'un enduit de poudre magnétique constituée par de l'oxyde de fer. La tête d'enregistrement magnétise plus ou moins l'oxyde de fer de la piste.

A la lecture: la piste défille devant une tête de lecture en tous points semblable à la tête d'enregistrement mais agissant en sens inverse: les impulsions magnétiques, captées par le noyau en fer doux de l'électro-aimant, vont se transformer en impulsions électriques au niveau du bobinage de l'électro-aimant. Ces impulsions électriques vont être amplifiées et envoyées au niveau des haut-parleurs où elles restituent le son.

3°) Le son NUMÉRIQUE:

Principe:

A côté de la piste sonore (généralement optique) traditionnelle et sur laquelle sont enregistrés bruitages et musique, on enregistre sur une piste supplémentaire des codes numériques (ensembles de bits) qui vont prendre l'aspect de bâtonnets et de points qui ne sont pas sans nous rappeler les codes-barres des produits que l'on achète dans les grandes surfaces. Ce codage sert à piloter la tête de lecture d'un lecteur de disque compact (Cette tête de lecture n'est autre qu'un canon laser).

(Voir schéma de principe page suivante)

Dans ce système, les paroles sont enregistrées sur un CD, toujours à la même adresse (au même endroit) sur ce support numérique. Il suffit donc d'enregistrer un CD pour chaque version en langue étrangère, ce qui est moins onéreux que la réalisation d'un "master" supplémentaire comprenant à la fois images et ensemble des sons. Comme les paroles sont toujours à la même adresse sur le CD, les codes-barres inscrits sur le film permettent d'accéder directement à n'importe quelle version: il suffit de mettre dans le lecteur le disque adéquat.

Principe de codage des sons sur le CD:

Les sons sont transformés en OCTETS composés de BITS que nous pouvons représenter par le

LE SON AU CINÉMA

I. QUELQUES PROBLEMES DE PRISE DE SON:

Plus le micro se rapproche de la source sonore, plus le son direct est fort (le niveau sonore varie en fonction inverse du carré de la distance). Le cinéaste doit adapter la distance du micro au plan de la prise de vues.

Mais l'environnement atmosphérique peut modifier de façon très importante le bruit enregistré (brouillard, neige, pluie, mais souvent vent) et le preneur de son a souvent affaire à des bruits parasites gênants (bruits d'avions, de voitures).

L'enregistrement du bruit original en extérieur est difficile et on effectue souvent un enregistrement artificiel en studio.

De tous nos organes des sens, l'ouïe est sans doute la moins performante, et nous nous contentons volontiers d'un bruit approximatif recréé par des BRUITEURS.

II. LA SYNCHRONISATION:

Sur un plan purement technique, la grosse difficulté qu'il a fallu surmonter c'est un problème de synchronisation entre le son et l'image; tant qu'il s'agissait de bruitages ou de musique, un léger décalage pouvait être pardonné. Mais on ne pouvait plus accepter d'entendre le bruit d'une gifflé avant que l'acteur ne l'ait donnée ou un décalage entre le mouvement des lèvres et les paroles. C'est ce synchronisme labial qui pose le plus de problèmes.

Au début, les films étaient muets et seul un pianiste assurait une ambiance musicale d'accompagnement qui pouvait par ailleurs aider à soutenir tel ou tel mouvement scénique.

Puis le pianiste fut remplacé par un phonographe et on tenta les premières paroles. Le synchronisme laissait à désirer parce qu'on ne pouvait pas caler parfaitement les vitesses de défilement du film et du disque.

On a très vite compris que le problème de synchronisation ne serait résolu que lorsque l'enregistrement du son défilerait exactement au même rythme que l'enregistrement des images, et donc qu'il était nécessaire d'avoir un support commun.

Mais:

- 1) les images défilaient à une cadence de 16 images par seconde, vitesse trop lente pour l'enregistrement du son.
- 2) et surtout: le film défile de façon saccadée, mouvement qui est difficilement compatible avec la reproduction du son.

Solutions:

- 1) On augmenta la vitesse de déroulement du film qui passa de 16 à 24 images par seconde et gagna donc 50% en vitesse.
- 2) On enregistra le son sur une piste à côté des images, le son correspondant à une image donnée étant enregistré une vingtaine d'images plus loin dans le film et on créa, à la sortie de la fenêtre de projection de l'image une boucle dans le film qui permettait de passer du mouvement saccadé nécessaire devant la fenêtre de projection à un mouvement uniforme au niveau du système de lecture du son. (Voir schéma d'un appareil de projection page 7.)

Le premier son enregistré sur film le fut sur piste optique: ce fut le 26 Février 1929 qu'on vit pour la première fois le chanteur américain Al JOLSON interprétant "LE CHANTEUR DE JAZZ"

III. LES SYSTEMES d'ENREGISTREMENT du SON:

Il y a essentiellement trois techniques d'enregistrement du son sur un film; toutes nécessitent une piste sonore qui se situe en bordure des images.

sujet; Si on veut que l'arrière-plan soit plus net, on placera face au repère la distance maximale de netteté. Si on souhaite avoir un premier plan plus net, on place au contraire face au repère la distance minimale de netteté.

V. LES CONTRE-JOUR:

Si l'espace choisi pour une photographie comprend une zone éclairée et une zone sombre, un appareil à réglage automatique ou semi-automatique va se régler sur une moyenne de luminosité; la partie la moins éclairée va apparaître sombre sur le tirage: c'est ce qu'on appelle un contre-jour.

On peut rencontrer ici deux sortes de problèmes:

- soit la partie intéressante de la photo se trouve sur la zone sombre (c'est le plus souvent le cas lorsqu'on prend une photo sur fond de ciel lumineux). Comme la quantité de lumière émise par la zone sombre est contrariée par la zone lumineuse, l'appareil fait une moyenne et augmente la vitesse de déclenchement: il rentre moins de lumière que nécessaire pour cette zone sombre qui, au tirage est encore plus foncée.
- soit la partie intéressante de la photo se trouve sur la zone lumineuse (c'est le cas si on photographie quelque chose de lumineux à travers une ouverture sombre). Ici la quantité de lumière émise par le sujet est contrariée par la zone sombre; l'appareil fait une moyenne et diminue la vitesse de déclenchement pour laisser rentrer plus de lumière; il rentre plus de lumière que nécessaire pour la zone claire qui, au tirage sera encore plus claire.

On voit donc nettement que, pour éviter cet inconvénient de contre-jour, il faut faire un choix entre zone claire et zone sombre en fonction du centre d'intérêt de la photo.

Pour cela procéder de la façon suivante avec un appareil semi-automatique (si vous avez un appareil automatique, il faut le "débrayer"):

- Se mettre en VITESSE AUTOMATIQUE (priorité au diaphragme). Viser la partie de l'espace contenant le sujet de votre photo (la zone sombre si le sujet est dans la zone sombre ou la zone claire si le sujet est dans la zone claire) et tourner la bague de diaphragme pour afficher dans le viseur la vitesse choisie. Bloquer ensuite l'appareil sur cette vitesse (la plupart des appareils semi-automatiques ont un bouton de blocage de la vitesse) ou passer en mode d'opération manuelle et régler l'appareil sur la vitesse choisie précédemment.
- On se retrouve donc en "manuel". Cadrer la photo en "mitigeant" zone claire et zone sombre et déclencher. Le sujet choisi sera d'une luminosité convenable, et c'est bien là l'essentiel!!!

LA LUMIÈRE

I. LA LUMIÈRE BLANCHE:

La lumière qui nous parvient du soleil nous semble de couleur blanche; il suffit que cette lumière blanche traverse une zone pluvieuse pour que nous voyions apparaître un arc-en-ciel. La pluie a décomposé la lumière blanche du soleil en une multitude de couleurs qui sont les composantes de la lumière blanche. Nous pouvons faire l'expérience inverse de recombinaison de la lumière blanche: il suffit de colorer les divers secteurs d'un disque avec les couleurs de l'arc-en-ciel et de faire tourner ce disque: il devient blanchâtre.

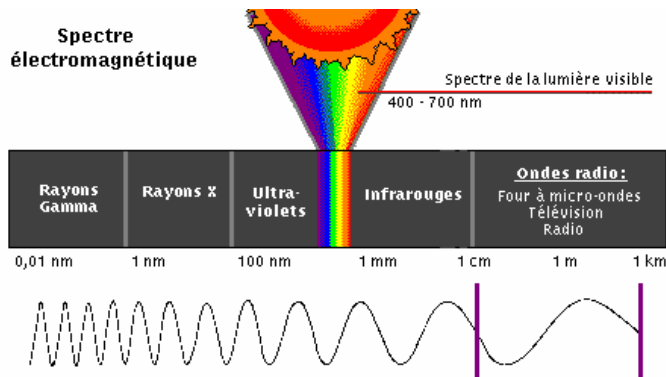
La lumière peut être décrite comme une série d'ondes comparables à celles que crée la chute d'un caillou dans l'eau. Chaque couleur, cependant, crée des ondes différentes. On peut mesurer la longueur des ondes; chacune des couleurs de la lumière possède sa propre longueur d'onde.

Explication:

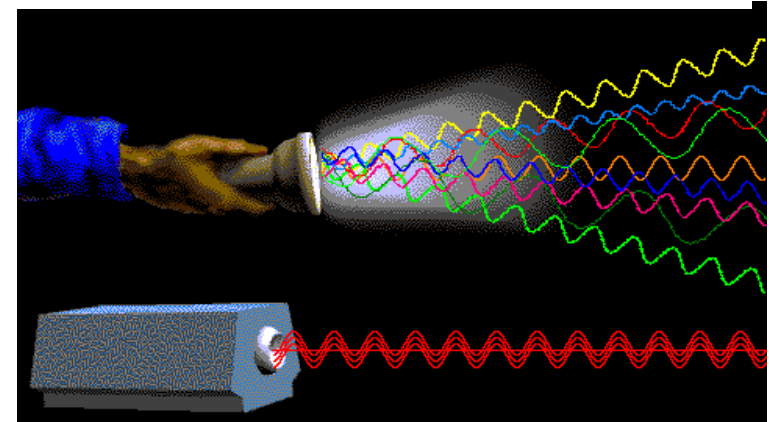
Tout ce qui existe dans l'univers est composé de molécules et ces molécules sont elles-mêmes composées d'atomes. Ces molécules et ces atomes, lorsqu'ils sont STIMULÉS par la CHALEUR, la LUMIÈRE ou l'ÉLECTRICITÉ émettent des radiations que nous percevons comme une couleur. La radiation émise par une molécule ou un atome stimulés est une minuscule explosion que l'on appelle un PHOTON et qui est un phénomène vibratoire avec une longueur d'onde bien précise.

Par exemple, dans les lampes au sodium que l'on utilise pour éclairer les rues, les atomes de sodium reçoivent une décharge électrique et émettent une radiation lumineuse orangée. Des millions d'atomes de sodium émettent des photons dans toutes les directions et à une fréquence imprévisible. Toutes proportions gardées, il se produit une agitation comparable à celle qui est provoquée par un groupe d'enfants dans l'eau d'une piscine; l'eau est agitée de clapotis mais aucune grosse vague ne se produit.

La lumière blanche, composée d'une multitude de couleurs, présente une agitation encore plus anarchique.



LE LASER.

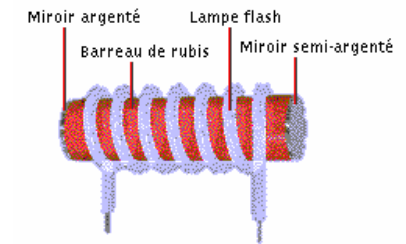


Les radiations de la lumière blanche sont anarchiques. Dans un laser, les radiations se font en phase (voir paragraphe sur la lumière).

Le physicien Albert EINSTEIN mit au point la théorie du LASER en 1917, mais c'est seulement en 1960 qu'un physicien américain de Californie, Theodore MAIMAN, réussit à en construire un.

Son laser comportait un petit cylindre de rubis contenant des atomes de chrome, poli et long de 5 centimètres pour un diamètre de 1 centimètre. L'une des extrémités était enduite d'une pellicule d'argent comme un miroir, l'autre extrémité n'étant enduite que sur la moitié de sa surface. Le cylindre de rubis était entouré d'une puissante lampe flash spiraloïde. Lorsque la lampe flash d'un laser est mise en marche, les atomes de chrome contenus dans le rubis sont stimulés par la lumière. L'objectif est de stimuler les atomes de manière à provoquer le plus possible l'émission des photons. Les photons sont réfléchis aux deux extrémités du cylindre de rubis par les miroirs et contribuent à stimuler de nouveaux atomes pour déclencher l'émission de photons supplémentaires. Les atomes stimulés de cette façon émettent tous des ondes de même longueur qui se propagent dans la même direction, en phase avec la stimulation lumineuse d'origine. La surface non argentée à l'extrémité du rubis permet à une partie de la lumière de former un étroit pinceau de lumière rouge intense.

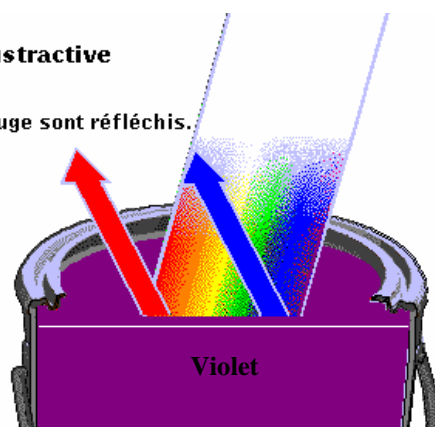
On utilise maintenant des liquides et des gaz à la place du rubis des premiers lasers. Le gaz carbonique est employé dans les lasers à très grande puissance ainsi que le néon et l'hélium.



2°) Les procédés soustractifs:

Synthèse soustractive

Le bleu et le rouge sont réfléchis.



Ils assurent de meilleurs résultats pratiques.

On part des négatifs sélectionnés pour le rouge, le vert et le bleu par la méthode précédemment exposée. On tire trois positifs d'après ces sélections.

Il faut ensuite transformer ces images positives en noir et blanc en images colorées au moyen de développements chromogènes.

- L'image qui correspond à la sélection pour le rouge sera transformée en un colorant transparent CYAN

- celle qui correspond à une sélection pour le vert sera transformée en un colorant transparent MAGENTA

- et celle qui correspond à une sélection pour le bleu sera transformée en un colorant transparent JAUNE.

En superposant exactement ces trois images, on obtient une reproduction en couleurs de l'objet filmé. Cette méthode de synthèse soustractive est la plus répandue pour le cinéma en couleurs. C'est le principe-même du procédé TECHNICOLOR.

Ce procédé soustractif TECHNICOLOR est le plus utilisé; dès 1935, cette firme américaine produisait mensuellement un millier de kilomètres de copies trichrome.

Cependant les problèmes techniques étaient complexes, et il fallait en particulier employer une caméra spéciale qui, avec un seul objectif et un ensemble de prismes de renvois d'angles, impressionnait 3 films distincts pour la prise de vues.

Très vite sont apparus sur le marché des films à couches d'émulsions superposées (chaque couche d'émulsions remplaçant un film de sélection d'une couleur) qu'on appelle des "monopacks".

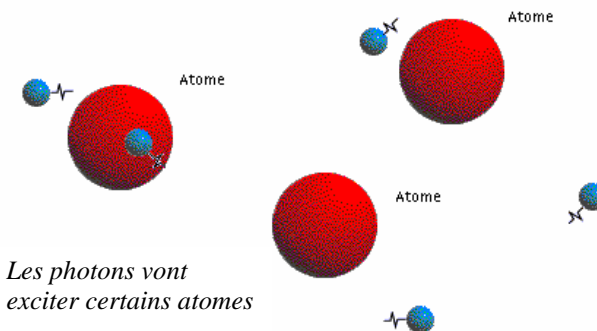
Historique:

Les travaux de Clerk MAXWELL (1861) et de Charles CROS (1869) sont à la base de ce procédé TRICHROME de photographie en couleurs réalisé par L. DUCOS de HAURON (1869-1880).

II. LA MATIERE ET LA COULEUR.

Nous avons vu que ce sont les molécules et les atomes qui, frappés par la lumière (lumière blanche par exemple), émettent des photons que nous percevons comme une couleur. Molécules et atomes ne réagissent donc pas à l'ensemble des couleurs qui les stimulent; seule une partie de la lumière reçue est réfléchi. Les molécules et les atomes qui produisent les photons, observés au microscope, n'ont aucune coloration particulière. C'est uniquement la nature et la quantité des photons réfléchis qui nous font percevoir une couleur pour la matière.

De plus, certaines matières, de par leur structure et leur épaisseur, ne se laissent pas traverser par la



lumière (papier, carton): ce sont les matières OPAQUES. D'autres matières se laissent traverser par les photons: ce sont les matières TRANSPARENTES (verre). D'autres enfin ne laissent passer qu'une partie des radiations et opèrent une sélection des couleurs: ce sont les matières TRANSLUCIDES (celluloïds colorés, verres teintés, matières polarisantes...). Nous verrons que ces filtres seront utiles pour fixer les couleurs sur des supports photographiques et pour la réalisation du cinéma en relief.

III. LE LASER.

Les radiations de la lumière blanche sont anarchiques. Les radiations émises pour une couleur donnée sont de même longueur d'onde, mais elles ne sont pas en phase, c'est à dire que le moment du départ varie d'une radiation à l'autre.

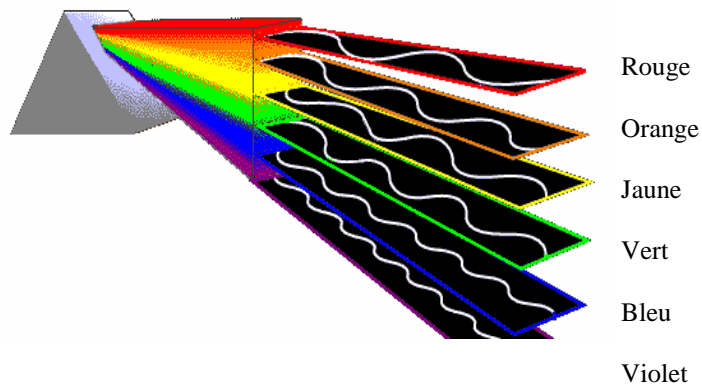
Dans un laser (mot formé des initiales de Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation, c'est-à-dire "amplification de la lumière par émission stimulée de rayonnement"), les radiations se font EN PHASE: les atomes stimulés produisent leurs explosions de photons tous en même temps. La lumière qui est émise n'a qu'une seule longueur d'onde; elle produit une couleur parfaitement pure.

Pour reprendre la métaphore de la piscine, on peut imaginer tous les baigneurs se rassemblant à l'une des extrémités et effectuent ensemble des mouvements parfaitement coordonnés. Ils créent de grosses vagues en déployant la même quantité d'énergie que pour des mouvements individuels désordonnés. L'effort de chacun d'eux est amplifié par la coordination de leurs mouvements.

Les rayons LASER connaissent une participation croissante dans les techniques du cinéma (son numérique et images holographiques en relief)

IMAGES EN COULEURS

Dans le paragraphe consacré à LA LUMIERE, nous avons vu que la lumière blanche du soleil, décomposée par les gouttelettes de pluie, offre dans l'arc-en-ciel une multitude de couleurs. Nous regroupons cette multitude de couleurs en sept couleurs fondamentales: VIOLET, INDIGO, BLEU, VERT, JAUNE, ORANGÉ, ROUGE.



En fait, nous pouvons ramener ces couleurs à trois couleurs primaires: le JAUNE, le MAGENTA (rouge tirant sur le rose) et le CYAN (bleu clair). Le mélange de ces trois couleurs primaires nous permet de recréer pratiquement toutes les autres couleurs.

Si nous mélangeons du cyan et du jaune, nous obtenons du VERT. Si nous mélangeons du cyan et du magenta nous obtenons du BLEU (bleu marine). Enfin si nous mélangeons du jaune avec du magenta nous obtenons du ROUGE. Ce sont les couleurs COMPLÉMENTAIRES des couleurs primaires (le vert est la couleur complémentaire du magenta, le rouge est la couleur complémentaire du cyan et le bleu est la couleur complémentaire du jaune). Le mélange à la lumière de ces trois couleurs complémentaires de couleurs primaires permet également de reconstituer pratiquement toutes les autres couleurs. C'est le principe de la télévision en couleurs.

Expérience: on fait tourner un disque sur lequel on a reproduit les couleurs primaires et les couleurs complémentaires; on obtient une couleur blanchâtre (preuve que ce sont bien les composantes du blanc) et il n'y a pas de différence notable entre la zone des couleurs primaires et celle des couleurs complémentaires.

Travaux pratiques: dessiner trois cercles sécants. Colorer les disques avec les couleurs primaires et les zones communes à deux disques avec les couleurs complémentaires. Repérer les paires couleur primaire-couleur complémentaire.

Pour reconstituer exactement les couleurs naturelles, il faudrait séparer toutes les radiations qui

les composent (voir lumière), les doser et les recombinaient ensuite exactement dans les mêmes proportions, ce qui est évidemment impossible. Au cinéma comme en photographie on va utiliser le mélange de trois couleurs fondamentales (primaires ou leurs couleurs complémentaires) pour recréer toutes les autres couleurs.

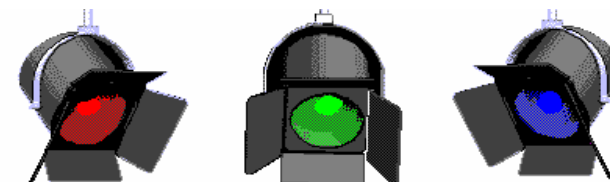
En effet, on peut considérer toutes les sensations colorées comme le résultat de l'excitation de trois sensations distinctes dues seulement à trois teintes fondamentales ou primaires. Cela signifie que l'oeil peut se contenter en pratique d'une lumière synthétique qui serait formée de 41% de magenta (rouge), de 36% de jaune et de 23% de cyan (bleu).

La fidélité du résultat va dépendre de l'exactitude des dosages. Ce dosage est extrêmement difficile et même nos techniques modernes ne permettent pas d'atteindre la perfection. Heureusement que notre oeil, ici aussi, se satisfait de ces imperfections!

LES TECHNIQUES:

1°) Les procédés additifs:

Elle est fondée sur le fait que les trois couleurs complémentaires aux couleurs primaires, BLEU, VERT et ROUGE, additionnées dans des proportions convenables, permettent de créer des sensations colorées comparables aux différentes couleurs observées dans la nature.



Synthèse additive

Rouge + Bleu + Vert = Blanc

On filme trois fois un objet polychrome éclairé en lumière blanche sur des films noir et blanc appropriés, à travers des filtres respectivement bleu-violet, vert et rouge. Les négatifs obtenus sont évidemment différents; seuls les gris neutres et les noirs sont traduits par les mêmes valeurs. Mais:

- un vermillon est traduit comme un gris clair à travers un filtre rouge, et comme un gris foncé à travers les deux autres.

- un vert-jaune est traduit comme un gris assez clair à travers le filtre vert, comme un gris moyen à travers le filtre rouge et comme un noir à travers le filtre bleu...

Si on tire trois bandes positives au moyen de ces négatifs, si on les place dans des appareils de projection, en intercalant dans les faisceaux lumineux de chacune d'elles le filtre coloré à travers lequel a été obtenu le négatif correspondant, les trois faisceaux colorés reproduisent les couleurs du modèle.

C'est grâce à ce procédé de synthèse additive qu'Auguste et Louis Lumière réaliseront commercialement la plaque autochrome en 1906.