

**UNE APPROCHE DIDACTIQUE DE L'OPTIQUE EN SCIENCES
PHYSIQUES : CONCEPTION D'UN CÉDÉROM SUR
L'« HISTOIRE DES IDÉES SUR LA LUMIÈRE – DE L'ANTIQUITÉ AU
DÉBUT DU XXÈME SIÈCLE »**

Christian Bracco,

Maître de conférences en Physique

cbracco@unice.fr + 33 4 92 07 63 80

Adresse professionnelle

Université de Nice-Sophia Antipolis ★ Parc Valrose ★ LUAN ★ F-06108 Nice Cedex 2

IUFM de Nice ★ 89 avenue George V ★ F-06046 Nice Cedex 2

Rodolphe Charrier,

PRCE TICE

Rodolphe.Charrier@univ-nancy2.fr + 33 4 92 07 63 80

Adresse professionnelle

Université Nancy 2 ★ CEFOD ★ Pôle Lorrain de Gestion, 13 rue Michel Ney ★ F-54037 Nancy
cedex

Laurence Maurines,

Professeure des universités,

Adresse professionnelle

Laurence.Maurines@didasco.u-psud.fr + 33 1 69 15 54 52

Université de Paris-Sud ★ UFR d'Orsay ★ DidaScO ★ Bâtiment 333 ★ 15 rue Georges
Clémenceau ★ F-91405 Orsay cedex

Résumé : Nous présenterons le cédérom *Histoire des idées sur la lumière* qui utilise les technologies de l'Internet pour présenter des expériences d'optique. Les expériences sont situées dans le contexte d'une approche épistémologique fondée sur une analyse historique et des compléments philosophiques. Cet outil multimédia est mis au service de l'enseignement de l'histoire des sciences et s'inscrit à présent dans le cadre d'une recherche sur l'utilisation de l'histoire des sciences dans l'enseignement des sciences physiques.

Summary : We will present the CD-Rom *Histoire des idées sur la lumière*, which uses technologies of the Internet to present optical experiments. We develop an epistemological approach founded on a historical study and philosophical complements. This multi-media tool is put at the service of the teaching of the history of sciences. It lies now within the scope of a research on the use of the history of sciences in teaching.

Mots clés : Multimédia, épistémologie, histoire des sciences, physique, optique, enseignement, formation des maîtres, secondaire et université.

Présentation du Cédérom « Histoire des idées sur la lumière – de l'Antiquité au début du XX^{ème} siècle »

Nous décrirons les objectifs pédagogiques qui ont guidé la conception de ce cédérom puis nous discuterons de ses usages possibles en classe.

1 – OBJECTIFS PEDAGOGIQUES

1.1 Origines du projet

Le projet d'un cédérom sur le thème de *l'Histoire des idées sur la lumière* est né de cours donnés en Histoire et Philosophie des Sciences (Deug sciences, philosophie, stagiaires IUFM, formation continue), à l'université de Nice-Sophia Antipolis et à l'IUFM de Nice, ainsi que d'un enseignement expérimental de l'optique (à l'École Normale Supérieure de Cachan). L'approche épistémologique et historique du thème de la lumière nécessite un lien étroit avec l'expérience pour illustrer et appuyer le discours. Or la réalisation d'expériences d'optique dans un cours est toujours un point délicat : la mise au point des expériences demande un temps dont ne dispose pas toujours l'enseignant, les conditions des salles de cours sont rarement favorables à la réalisation d'expériences d'optique (obscurité nécessaire), le matériel doit être transporté, les phénomènes sont parfois peu visibles... Le point de départ du cédérom a donc été la nécessité de disposer de films d'expériences d'optique de bonne qualité, et des schémas de montages qui permettent de comprendre les phénomènes observés. Il est également apparu nécessaire de relier le discours épistémologique du physicien à un cadre philosophique plus vaste.

1.2 Les choix didactiques

Ils sont de deux types : l'un est lié à la pluridisciplinarité de l'approche, l'autre aux problématiques de la visualisation des phénomènes physiques.

1.2.1. Pluridisciplinarité de l'approche

Nous abordons le thème de la lumière à travers trois parties complémentaires et reliées entre

elles, qui reflètent l'aspect pluridisciplinaire de la démarche :

- un texte sur *l'Histoire des idées sur la lumière, de l'Antiquité au début du XX^e siècle* relate les idées des auteurs que l'on rencontre au cours des études scientifiques et philosophiques, et que l'histoire a retenus pour leur contribution importante. Ce texte prend sa source dans les documents originaux et s'appuie sur de nombreuses citations, de manière à restituer les pensées des auteurs dans le cadre qu'ils ont eux-mêmes défini. Il comporte 70 pages et est découpé en 20 chapitres. Chaque chapitre renvoie aux deux autres parties par des liens aux endroits appropriés.
- une partie « laboratoire » comporte plus de 30 expériences d'optique qui sont les transpositions, avec des moyens modernes, d'expériences historiques. Un court texte explicatif présente chaque expérience, complété par un ou plusieurs schémas animés de la manipulation expérimentale. Enfin, des photos du montage réalisé sur une paillasse classique avec du matériel disponible dans les établissements, et des vidéos des phénomènes réels sont accessibles dans une autre fenêtre.
- une partie « Philosophie » vient augmenter le texte historique de 9 compléments. On a choisi de retenir les auteurs dont la théorie de la lumière s'insérait le plus clairement dans un cadre de pensée plus vaste, s'ancrant ainsi de manière plus ou moins explicite dans l'histoire de la philosophie. Sont par là mis en évidence les liens étroits entre science et philosophie - liens qui subissent une évolution, depuis leur unité indissociable jusqu'à la tendance à la séparation entre deux domaines distincts à partir du XVII^e siècle. Les « fenêtres » philosophiques s'efforcent ainsi, à partir de la théorie scientifique de la lumière présentée dans le texte historique, de dégager en quelques paragraphes les

soubassements et les enjeux de cette interprétation.

Cette approche croisée, historique, expérimentale, et philosophique de la physique - ici l'optique - au sein d'un même outil pédagogique, facilite et renforce une vision épistémologique du domaine.

1.2.2. Visualisation des phénomènes physiques

Le second choix didactique a trait à la façon de restituer les phénomènes physiques étudiés.

De nombreux supports multimédias consacrés à la physique répondent à ce problème par le développement de simulations informatiques « intégrales ». Or cette approche n'a pas été retenue ici pour la raison suivante : la simulation informatique implémente des modèles mathématiques déjà établis des phénomènes naturels ; certes, ces modèles permettent de faire varier certains paramètres, mais ne donnent pas assez de place à l'observation et à l'analyse phénoménologique, essentielles, selon nous, dans une approche physique et historique.

D. Beauvils (2001) résume la problématique en ces termes : « *Ainsi, du point de vue du fondement d'une simulation on peut distinguer deux possibilités, [...] :*

- 1. Le logiciel prend comme référence la phénoménologie : les objets et instruments sont représentés (plus ou moins réalistes) et la phénoménologie est représentée (aspects visibles, ou rendus visibles, des phénomènes).*
- 2. Le logiciel prend comme référence le modèle : les objets sont représentés (en principe de façon symboliques), les instruments sont en principe absents (ou représentés de façon très symbolique).*

De même, les activités sont orientées de deux manières [...] :

- 1. L'étudiant est censé renforcer ses connaissances relatives au modèle et/ou à la théorie.*
- 2. L'étudiant est censé renforcer ses connaissances factuelles et ses aptitudes à la reconnaissance de phénomènes. »*

Nous avons fait le choix de filmer le réel et de privilégier la phénoménologie : des photographies visualisent les matériels utilisés et l'ensemble des protocoles expérimentaux; deux caméras filment de manière synchronisée une modification opérée dans le montage (rotation d'un élément du montage, ouverture d'une fente ...) et le phénomène observé sur l'écran.

Ces films d'expériences et photos de montages sont précédés, dans la navigation, par un schéma animé du montage.

Une description schématique fixe du montage, analogue à celle que l'on peut trouver dans des ouvrages de travaux pratiques de sciences physiques, sert de base à l'animation. La marche des faisceaux lumineux est tracée dans les cas simples. Dans les cas plus complexes seules les conjugaisons sont représentées, faisant apparaître les éléments en correspondance directe. Les montages complexes sont découpés en plusieurs phases que l'on retrouve dans les photos de montages et les films d'expérience. Les animations sont accompagnées d'un court texte expliquant les objectifs et la réalisation de l'expérience.

Le passage d'un schéma papier de l'expérience à sa réalisation en laboratoire constitue un obstacle pour la plupart des étudiants, particulièrement dans le domaine de l'optique. L'approche complémentaire d'un usage de l'animation avec des photos de montages et des films d'expérience réalisés en laboratoire, dans des conditions facilement reproductibles par les utilisateurs, devrait contribuer, nous l'espérons, à faciliter le passage de la schématisation à la réalisation expérimentale.

De plus, les expériences décrites dans ce cédérom se retrouvent à divers niveaux de l'enseignement des sciences physiques. Elles dépassent donc largement un intérêt purement historique. Elles sont le fruit de l'expérience d'enseignement en optique de Madame Gisèle Krebs en préparation de l'agrégation de physique à l'ENS Cachan, et de l'enseignement historique de l'optique, à partir des expériences, qu'elle a mené dans cette école.

1.3. – Cadre de la réalisation du cédérom

Le cédérom a été réalisé par Christian Bracco (chef de projet, auteur du texte historique),

Gisèle Krebs (réalisatrice des expériences d'optique, auteure des commentaires), Rodolphe Charrier (chargé de la conception multimédia et de la réalisation du cédérom), Florence Albrecht (auteure des compléments philosophiques au texte historique) et Bernard Maitte (conseil sur les textes). Ce projet a pu se lancer grâce au soutien financier de la commission TICE de l'Université de Nice-Sophia Antipolis (UNSA) et l'aide de la cellule NTE de l'UNSA. Le financement accordé par la commission TICE a permis la commande d'une maquette du cédérom à Vidéoscop, organisme multimédia de l'Université Nancy 2. Le projet a bénéficié du soutien du Département Interdisciplinaire d'Études et de Recherches de l'IUFM de Nice, ainsi que de l'aide matérielle de l'École Normale Supérieure de Cachan pour le prêt de la salle d'optique et du Laboratoire Universitaire d'Astrophysique de Nice (LUAN). Le cédérom est édité par le Centre Régional de Documentation Pédagogique de Nice (CRDP). Il a obtenu le label national qui lui permet d'être diffusé dans tous les centres régionaux et départementaux du Centre National de Documentation Pédagogique (CNDP). Il a été commercialisé en mars 2004.

2 – LES TIC AU SERVICE DU PROJET.

Cette partie expose l'argumentation qui justifie les choix effectués en matière d'outils logiciels, d'ergonomie et de graphisme dans l'application.

2.1. – Choix techniques.

Pour ce projet, la solution retenue a été de réaliser un site web sur cédérom, à la fois autonome et portable sur un serveur web. Ce choix a été guidé par les critères suivants :

- disposer de technologies à la fois adaptées aux types de données à traiter et aux scénarii d'animations choisis.
- que ces technologies soient intégrables les unes aux autres et qu'elles limitent le recours à des ressources logicielles composites (plug-ins divers, navigateur ou logiciels spécifiques, etc...)
- que le dispositif soit multi – plateformes pour se jouer aussi bien en local qu'en réseau.

Ainsi :

- Les textes ont été codés en langage html qui est universellement reconnu par les navigateurs et qui permet des mises à jour rapides.
- Les animations, images et vidéos des expériences ont été réalisées avec le logiciel d'animations Macromedia Flash, le facteur limitant étant comme toujours la bande passante nécessaire à une lecture correcte ; notre exigence de qualité des vidéos a impliqué de ne compresser que faiblement ces images ; malgré cela, nos tests ont confirmé la bonne tenue des animations et vidéos sur des intranets à 10 Mbits/s. Ici, le plug-in requis du lecteur Flash est la version 4 qui se trouve installée en standard sur tous les navigateurs actuels.
- Les différentes fenêtres de navigateurs sont gérées par scripts javascript. L'interprétation de ce langage varie selon les navigateurs et doit être activée sur certains systèmes. Néanmoins, il ne pose aucun problème majeur sur la plupart des plates-formes logicielles.

2.2. – Aspects structurels et fonctionnels.

Nous pourrions classer cette application dans la catégorie des livres multimédias : il s'agit d'une base documentaire textuelle et visuelle interactive que l'on peut explorer par le point d'entrée que l'on veut.

L'architecture globale du cédérom se développe autour d'un axe principal, le texte du document « Histoire des Idées sur la lumière ». Deux rubriques spécifiques aux expériences et aux textes philosophiques l'accompagnent mais elles peuvent être consultées indépendamment car aucun parcours n'est imposé, chacun peut consulter le cédérom selon ses besoins scientifiques, historiques, ou philosophiques.

Les textes de chaque rubrique sont également proposés dans un format imprimable (des fichiers « pdf » en l'occurrence, lisibles avec Acrobat Reader). Seules les animations d'expériences ne sont pas récupérables de cette façon.

Il n'y a pas de commentaires sonores sur ce cédérom : il est apparu redondant de rajouter une voix off sur de courtes séquences filmées, sachant qu'un texte de présentation doublé

d'une animation de montage les précédaient systématiquement.

3 – USAGES POSSIBLES EN CLASSE.

3.1 Quelques pistes...

Nous allons indiquer ici quelques pistes d'usages des documents présents sur le cédérom.

En premier lieu, ce cédérom est conçu pour les usages habituels de ce type de support :

- consultation classique (lire les documents et naviguer dans l'application) au moyen d'un lecteur CD/DVD d'ordinateur.
- ressources documentaires et/ou outil de présentation pour un public plus spécifiquement enseignant.

En second lieu, les documents multimédias présents sur le cédérom sont conçus pour un usage en réseau via le réseau local d'établissement (lycées, collèges, universités).

Pour un enseignant, le cédérom est une ressource documentaire et pédagogique qui lui permet d'introduire un cours d'optique par l'Histoire et d'illustrer ce cours par la présentation de nombreuses expériences. Les activités pédagogiques peuvent prolonger les recherches documentaires par l'étude d'autres parties non évoquées des textes originaux. L'étude croisée des œuvres scientifiques et philosophiques d'un même auteur peut se faire en concertation entre collègues philosophes et physiciens.

D'autre part, la partie expérimentale est en soi une invitation à reproduire les expériences en laboratoire ; elle incite à développer un sens de l'observation et de l'analyse qualitative critique, et constitue une présentation réaliste des problématiques scientifiques. Elle est, pour cette raison, source de nombreux questionnements. Il s'agit de mettre en regard, voire en confrontation les modèles explicatifs des scientifiques avec la réalité phénoménologique. L'enseignant peut alors commencer l'étude d'un thème par la visualisation de l'expérience elle-même pour ensuite remonter à son interprétation scientifique.

3.2 Quelques expérimentations en cours

Le cédérom est notamment consultable sur le site intranet de l'Université de Nice-Sophia Antipolis à l'adresse suivante :

<http://intra.unice.fr/Lumiere>

Il est testé avec les étudiants de premier cycle universitaire, dans le cadre de l'option Histoire et Philosophie des Sciences. L'enseignement du thème « histoire de la lumière » dans cette option se déroule sur sept cours de deux heures chacun. Les cours comportent une partie d'intervention magistrale, un travail sur un choix de textes, et l'utilisation du cédérom pour la visualisation des phénomènes optiques et le travail personnel des étudiants, qui y naviguent librement. Un premier test (mené sur un groupe d'une vingtaine d'étudiants) fait ressortir une navigation aisée et intuitive du cédérom. Il s'agit maintenant de passer à une étape d'analyse plus approfondie.

3.3 Perspectives du projet

Une analyse didactique de l'apport de ce cédérom à l'enseignement et à la formation des enseignants va être menée avec des chercheurs en histoire des sciences et des didacticiens de la région parisienne. Il s'agira :

- d'analyser comment les élèves et étudiants s'approprient le contenu du logiciel lorsqu'ils naviguent librement et comment les enseignants l'exploitent dans l'élaboration de leur cours

- de l'utiliser pour construire des séquences d'enseignement pour les collèges et lycées et d'analyser l'impact de ces séquences auprès des élèves, tant sur le plan de l'apprentissage des concepts et des démarches que sur celui de l'image de la science et de la motivation vis-à-vis des cours de sciences.

- de réinvestir les résultats de ces recherches dans des modules de formation des enseignants (initiale ou continue) et d'analyser la façon dont les stages se déroulent.

Si le travail autour de ce cédérom a commencé en réponse à un besoin d'outil innovant pour la réalisation d'un cours sur l'histoire des sciences, il s'inscrit à présent dans le cadre d'une recherche sur l'utilisation de l'histoire des sciences dans l'enseignement.

BIBLIOGRAPHIE

- Aster, revue de didactique des sciences expérimentales (1987) *Didactique et histoire des sciences*, INRP, n°5
- Beaufils D. (2001), « Utilisation de logiciels de simulation comme aide à la consolidation des connaissances en physique », *Rapport d'étude*, <http://formation.etud.u-psud.fr/didasco/RapSimIufm/AnalyseTh.htm>
- Beaufils D., Ramage M.-J. (2004), « Simulation informatique et enseignement de la physique : regards didactiques », *BUP*, n°866, pp.1081-1090
- Bruillard E., De La Passadière B. (1998), « Fonctionnalités hypertextuelles dans les environnements d'apprentissage » In *Les hypermédias, approches cognitives et ergonomiques*, Hermès
- Develay M., (1989), *Sur la méthode expérimentale, Expérimenter modéliser*, ASTER, 8, INRP, Paris, pp. 3-15.
- Duval R. (1993), *Sémiosis et pensée humaine (registres sémiotiques et apprentissages intellectuels)*, Peter Lang, Berne
- Lecourt D. (2000), *Rapport Lecourt*, in <http://www.education.gouv.fr/rapport/lecourt/default.htm>,
- Lefèvre R. (1988), *Contribution à l'étude des conceptions des étudiants de l'Université sur le thème de l'optique*, Thèse N. R., Didactique de la physique, Université de Paris VII.
- Maurines L., Mayrargue A. (2003), Regards croisés de l'histoire des sciences et de la didactique de la physique sur la notion d'onde. *La pluridisciplinarité dans les enseignements scientifiques T1 l'histoire des sciences*. Caen CRDP de Basse Normandie
- Maurines L., Mayrargue A. (2003) « De la vitesse de la lumière ». *Textes et documents pour la classe*. Scéren (CNDP-CRDP).
- Martinand J.L. (1993), « Histoire des sciences et didactique de la physique et de la chimie : quelles relations ? » *Didaskalia*, De Boeck, n°2, pp.89-99.
- Pekdag B., Le Maréchal J.-F. (2001), « Apprentissage comparé de la notion de réaction chimique en TP ou à l'aide d'une vidéo : rôle des observations faites par les élèves », *Actes des deuxièmes rencontres de l'ARDIST*, Skolè, pp.129-141.
- Piaget J., Garcia R. (1983), *Psychogénèse et histoire des sciences*, Flammarion.
- Quintana-Roblès M. (1997), *Etude didactique de films comme aide à l'enseignement de la physique. Cas de l'expansion des gaz*. Thèse, Université Lyon 1.
- Séjourné A. (2003), « Éléments théoriques pour la conception d'un hypermédia en sciences physiques ». *Didaskalia*, n°23, pp.65-10
- Toussaint J., Gréa J. (1996), « Construire des concepts et mettre en œuvre des raisonnements : ce que peut apporter un regard sur l'histoire des sciences » In J. Toussaint (coord.) *Didactique appliquée de la physique-chimie*, Nathan, pp. 86-118.

Annexes :

PROPOSITION GRAPHIQUE POUR L'ECRAN PRINCIPAL :

Le graphisme suit la thématique abordée : la lumière et l'optique. Par conséquent, tout logo ou pictogramme se réfère à cet univers ainsi que les associations / ambiances de couleurs.

Histoire des idées sur la lumière

[Histoire](#)
[Laboratoire](#)
[Philosophie](#)
[Imprimer](#)
[Quitter](#)

Histoire

- La vision dans l'Antiquité
- La lumière et la science arabe
- L'époque médiévale
- La « science des mécènes »
- Descartes : optique mécaniste
- Une optique finaliste
- Découverte de la diffraction
- Hooke : l'impulsion lumineuse
- Huygens : surfaces d'ondes
- L'optique de Newton
- Vitesse de la lumière
- Siècle des Lumières
- Young et les interférences
- Malus et la polarisation
- La théorie de Fresnel
 - └ Diffraction : système à deux ondes
 - └ Diffraction : rayons efficaces
 - └ La théorie de la diffraction
 - └ Transversalité des ondes
 - └ Couleur des lames cristallines
 - └ L'entraînement de l'éther
 - └ Conclusion
- Vérifications expérimentales
- La théorie de Maxwell
- Le « vent d'éther »

Cit. J'avais déjà collé plusieurs fois un petit carré de papier noir sur un côté du fil de fer dont je me servais dans mes expériences, et j'avais toujours vu les franges de l'intérieur de l'ombre disparaître vis-à-vis de ce papier ; mais je ne cherchais que son influence sur les franges extérieures et je me refusais en quelque sorte à la conséquence remarquable où me conduisait ce phénomène. Elle m'a frappé dès que je me suis occupé des franges intérieures, et j'ai fait sur-le-champ cette réflexion : puisqu'en interceptant la lumière d'un côté du fil on fait disparaître les franges intérieures, le concours des rayons qui arrivent des deux côtés est donc nécessaire à leur production. Fresnel. *Premier mémoire sur la diffraction*. (Œuvres. t. I. p.16).

Laboratoire

Fresnel en tire la conclusion suivante et dessine le schéma correspondant (Œuvres. t. I. p. 99) :

SCHEMAS DE MONTAGES

Histoire des idées sur la lumière

[Histoire](#)
[Laboratoire](#)
[Philosophie](#)
[Imprimer](#)
[Quitter](#)

Laboratoire

- Réflexion et réfraction
- « Œil » avec obstacle
- Croisement de faisceaux
- La chambre noire
- Prisme de Descartes
- Diffraction de Grimaldi
- Couleurs des lames minces
- Biréfringences
- Expériences de Newton
- Trous d'Young
- Expériences de polarisation
- Diffraction laser
 - └ Diffraction par un fil
 - └ Disparition franges intérieures
 - └ Diffraction par une fente
 - └ Diffraction par un trou
 - └ Diffraction : point de Poisson
- Fentes d'Young
- Expérience de Fresnel-Arago
- Lames cristallines
- « Franges de Michelson »
- « Corps noir »
- Effet photoélectrique

On coupe le faisceau avec une feuille de papier perpendiculaire à l'axe du faisceau et on place cette feuille tangentielle au fil.

On constate que lorsque la feuille touche le fil les franges intérieures disparaissent : il reste les franges de bords d'écran. C'est ce qui incite Fresnel à penser dans un premier temps que, dans la diffraction, les deux bords de l'obstacle jouent un rôle de source.

Expérience

L'expérience suivante montre les franges obtenues avec un bord d'écran :

On place une lame de rasoir à une vingtaine de centimètres du trou source.

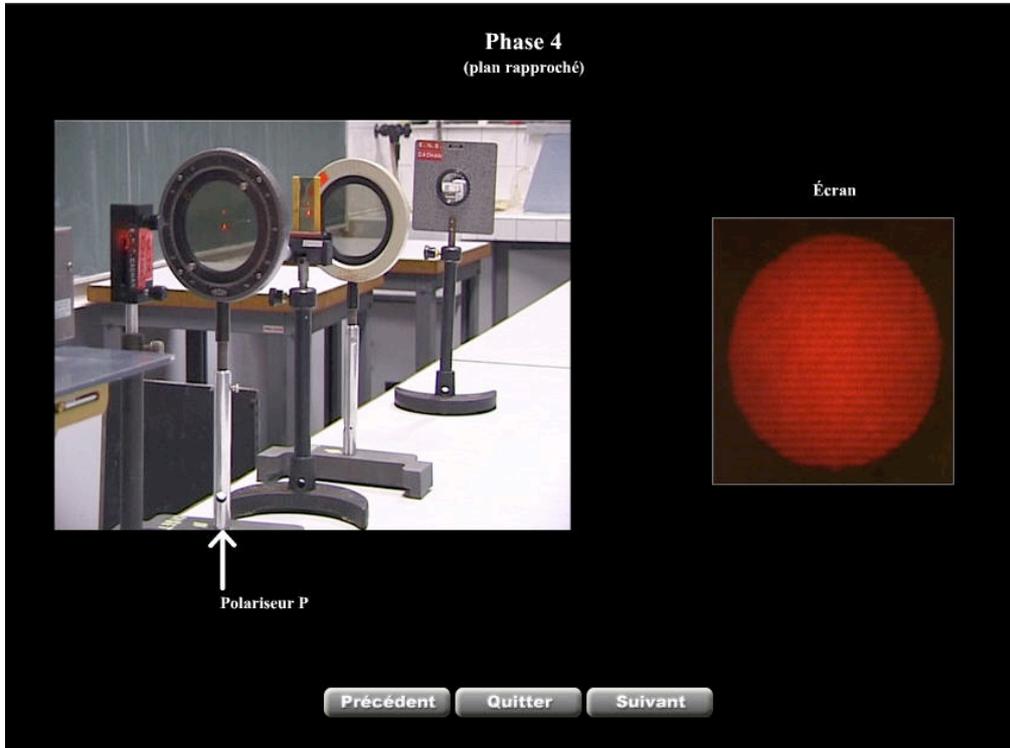
On observe sur un écran situé à 2 ou 3 mètres des franges parallèles au bord de la lame situées dans la partie éclairée de l'écran. On remarque qu'il n'y a pas de discontinuité entre la zone d'ombre et la zone éclairée.

Expérience

VISUALISATION DE LA MANIPULATION EN LABORATOIRE

Il s'agit du contenu des pages concernant l'observation des phénomènes. Ici, les éléments sont des images (jpeg) et des séquences d'images animées. La visualisation des vidéos se fait sur fond noir afin de renforcer la sensation d'observer le phénomène dans des conditions d'expérience (salles d'optique plongées dans l'obscurité).

Exemple de photos de montage :



Exemple de séquence filmée :

