

# Projet scientifique pour le concours C Génial 2015

## **1. Etablissement**

Lycée André Theuriet  
42, rue Duplessis  
BP 70016  
86400 Civray  
Tel : 05.49.87.00.09  
Fax : 05.49.87.76.85  
Email : [Sylvie.Biraud@ac-poitiers.fr](mailto:Sylvie.Biraud@ac-poitiers.fr)

Gestionnaire  
M. Michel Bonnel  
Email : [Michel.Bonnel@ac-poitiers.fr](mailto:Michel.Bonnel@ac-poitiers.fr)

## **2. Enseignant encadrant**

M. Vincent Carrier  
Email : [vincent.carrier@ac-poitiers.fr](mailto:vincent.carrier@ac-poitiers.fr)  
Tel : 07.78.52.27.19

## **3. Contexte scientifique**

Dans certaines pathologies de la cornée, comme la dystrophie congénitale de la cornée, la cornée devient opalescente et diffuse fortement la lumière (voir photo). Cette opalescence a tendance à se développer avec le temps et le patient devient aveugle sur l'échelle de quelques années ou décennies. A l'heure actuelle le seul traitement consiste en une greffe de cornée, greffe qui est rejetée entre 1 et 20 ans, le patient étant condamné à être aveugle dans le meilleur des cas au bout de 40 ans. Ce qui pose problème quand la maladie se déclare chez les enfants.



## **4. Problématique**

Peut-on imaginer des lunettes qui traiteraient l'image de manière à compenser l'effet de la diffusion de la cornée, et ainsi permettre à ces malades de recouvrer la vue sans toucher à leur cornée ?

## **5. Résumé du projet**

Nous allons mettre en place un protocole de traitement d'image qui aurait pour fonction de compenser la diffusion d'un objet.

La cornée diffusante va être modélisée par une plaque en plexiglas fortement rayée. Le reste de l'oeil va être modélisé par une webcam. L'image objet est générée par un écran d'ordinateur.

Dans un premier temps, nous allons déterminer la matrice de transfert de la plaque diffusante.

Pour cela nous allons concevoir un protocole et rédiger un programme qui permette d'automatiser la webcam et l'écran. Cette matrice de transfert revêtira la forme d'un tableau de matrices à 2 dimensions.

Ensuite, nous calculerons l'inverse de cette matrice de transfert. Etant donné la lourdeur de cette

tâche en termes de temps de calcul, celle-ci sera probablement réalisée en partenariat avec un laboratoire de recherche en informatique.

Dans un troisième temps, nous rédigerons un programme qui multipliera cette matrice inversée par n'importe quelle image.

Nous testerons enfin notre traitement d'image sur la plaque en question et analyserons les forces et faiblesses de celui-ci.

## **6. Implication des élèves dans le sujet**

Les élèves ont choisi le sujet parmi plusieurs proposés.

La trame globale de la modélisation leur a été donnée, et ils travaillent de manière autonome sur l'apprentissage du langage Processing ainsi que sur la programmation des différentes tâches.

Il y a d'ores et déjà une très forte collaboration entre les élèves, en entière autonomie.

Ils mènent une réflexion sur la mise en œuvre expérimentale afin d'optimiser celle-ci.

## **7. Noms des partenaires associés au projet**

Pour la réalisation des gros calculs (inversion de la matrice) et tout ce qui a trait à la partie informatique du projet

M. Abdou Ghermouche

Professeur à l'université Bordeaux I

Coordonnées : LaBRI

351, cours de la Libération

33405 Talence cedex

Email : [abdou.ghermouche@labri.fr](mailto:abdou.ghermouche@labri.fr)

M. Thierry Colin, chercheur à l'Institut de Mathématiques de Bordeaux

351 cours de la Libération, 33405 Talence cedex

Tel : 05 40 00 21 20

Email : [colin@math.u-bordeaux1.fr](mailto:colin@math.u-bordeaux1.fr)

Remarque : nous sommes en contact avec de nombreuses personnes ressources dans ce projet, tous chercheurs universitaires.

## 8. Démarche scientifique

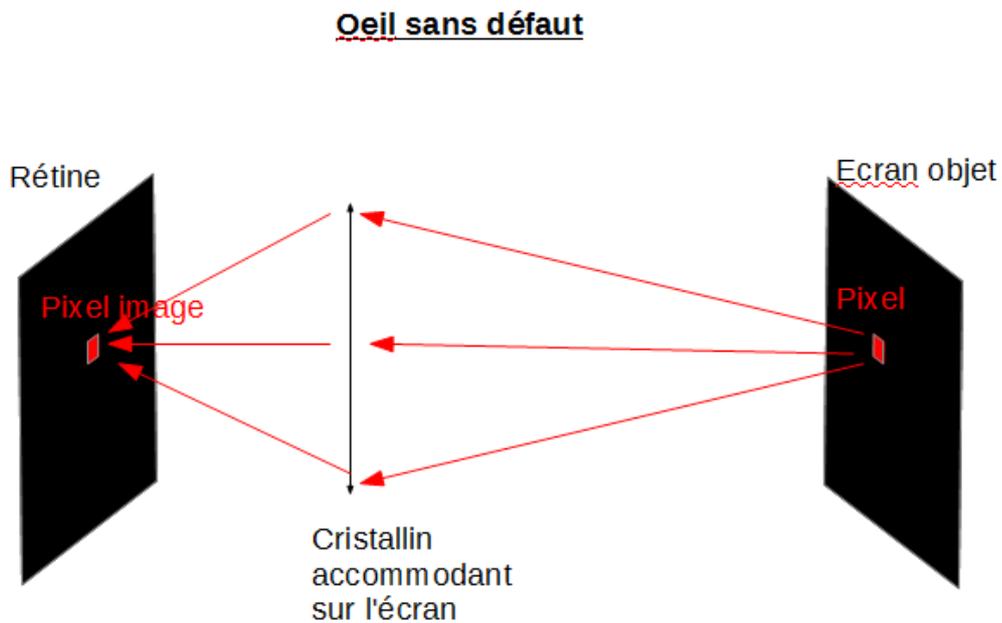
### a. Positionnement du problème

La logique des choses voudrait : une image, un œil et la même image à l'arrivée ...

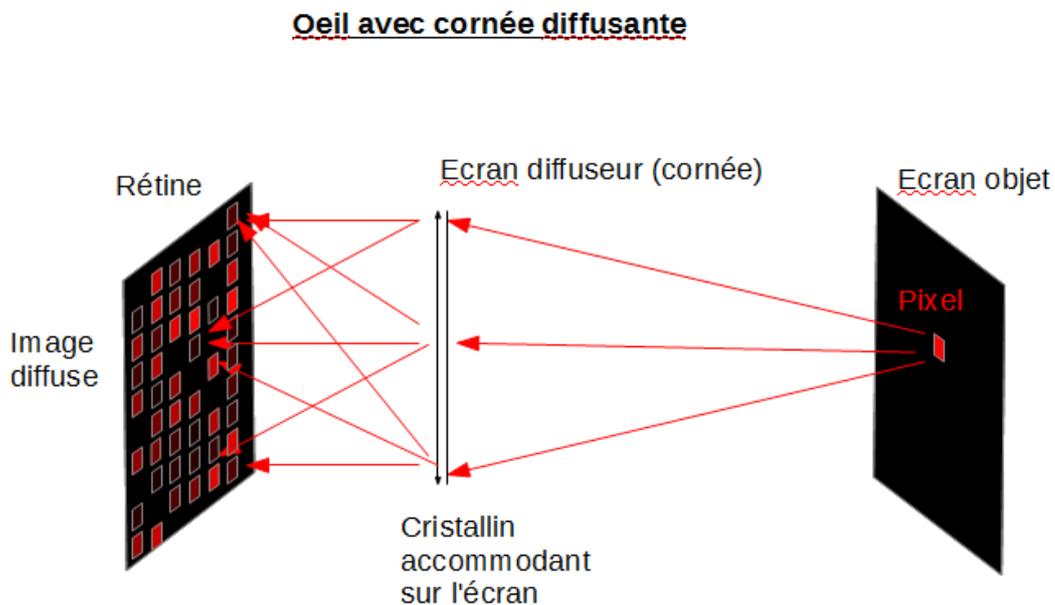
Malheureusement dans le cas de la cornée diffusante l'image d'origine se trouve changée à l'arrivée !

Prenons l'exemple d'un pixel affiché sur un écran.

Pour un œil sans diffusion, si le cristallin accommode sur l'écran, il se forme un pixel sur la rétine.



Par contre, si la cornée est diffusante, au lieu d'un pixel image, on obtient un ensemble de pixels d'intensité variable.



## b. Modélisation et principe général

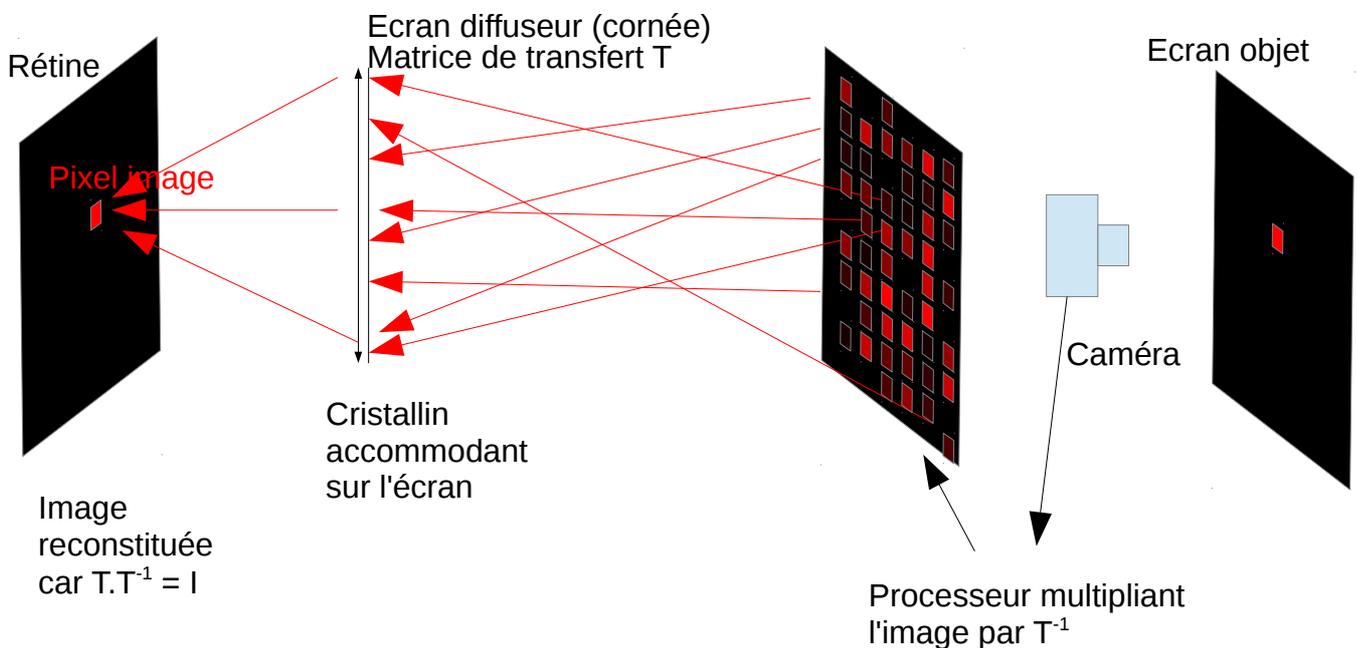
L'écran objet peut être modélisé par une matrice bidimensionnelle,  $200 \times 200$  par exemple, en raisonnant en monochrome.

L'image formée sur la rétine est alors une matrice bidimensionnelle de même ordre ( $200 \times 200$  dans l'exemple ci-dessus).

Alors la cornée diffusante peut être modélisée par une matrice de transfert à 4 dimensions ( $200 \times 200 \times 200 \times 200$  dans l'exemple ici), que nous nommerons  $T$  dans la suite.

Il suffit donc de multiplier l'image objet par l'inverse de la matrice de transfert  $T^{-1}$  pour qu'une fois passée au travers du cristallin, l'image se reforme proprement sur la rétine.

L'idée serait donc d'utiliser une webcam qui prendrait une photo, qui serait envoyée sur un processeur qui la multiplierait par  $T^{-1}$ , puis renverrait l'image traitée sur un écran face à l'oeil.



## c. Limites et hypothèses

Il y a cependant un problème qui se pose, c'est que la matrice inverse contiendra des nombres négatifs et que l'on ne pourra fixer une intensité négative à un pixel évidemment.

Nous faisons l'hypothèse que si le contraste de l'image de départ (modélisée par une matrice  $M_1$ ) est faible, le produit  $T^{-1} \cdot M_1$  ne fera pas apparaître de nombres négatifs et ainsi le dispositif fonctionnera à 100 %.

Dans le cas où des nombres négatifs devraient apparaître lors du produit  $T^{-1} \cdot M_1$  nous chercherons à voir, par l'expérience, les conséquences sur l'image finale de la non prise en compte de ces nombres (en les mettant à zéro).

## d. Mise en oeuvre

Pour étudier cela nous allons modéliser la cornée diffusante par une plaque de plexiglas rayée. Un écran d'ordinateur nous permettra d'afficher l'image traitée, en nous restreignant à une zone

centrale 200×200.

Nous déterminerons dans un premier temps expérimentalement, la matrice de transfert de cette plaque rayée.

Ensuite nous inverserons celle-ci.

Enfin, nous prendrons des images quelconques et les multiplierons par la matrice inverse pour observer le résultat au travers de la plaque de plexiglas et vérifier si l'on arrive à voir au travers de la plaque diffusante.

## **9. Détails de la mise en œuvre (calendrier des travaux).**

Les élèves se rencontrent avec leur enseignant le lundi après-midi pendant 1h et le mercredi après-midi pendant 2h. Ils ont la possibilité d'accéder à la salle du club (et de l'expérience) quand ils veulent durant les horaires d'ouverture du lycée.

Les tâches de programmation sont en partie faites chez eux et les moments de rencontre permettent une mise en commun et une mutualisation des avancées de chacun.

Le groupe ayant maintenant une taille assez importante (6 élèves), l'enseignant propose (sans imposer) une répartition de tâches, notamment en matière de programmation, afin de gagner en efficacité et que chacun puisse apporter une brique à l'édifice.

Les besoins en matériel sont réduits et sont essentiellement des besoins informatiques. De manière provisoire, le laboratoire de physique met à disposition des ordinateurs et webcams au club, suivant les disponibilités.

### Septembre

Installation de l'expérience dans une petite salle pouvant être sombre, réservée pour le club, au sein du lycée.

Rédaction du programme sous Processing permettant l'acquisition de la matrice de transfert.

Le programme affichera un pixel sur un écran d'ordinateur, prendra une photo avec une webcam de l'autre côté de la plaque diffusante puis le pixel sera décalé et une nouvelle photo sera prise etc. Ce fera un tableau de 200×200 photos, chacune de taille 200×200.

En parallèle, prise de contact avec des chercheurs qui mettent leurs calculateurs à notre disposition pour calculer l'inverse de cette matrice. Il s'agit de rédiger le programme approprié.

### Octobre

Fin de la rédaction du programme et détermination expérimentale de la matrice de transfert.

Envoi de cette matrice pour inversion, ou inversion par nous-mêmes si cela s'avère possible.

### Novembre

Rédaction du programme sous Processing permettant de faire le produit d'une image par la matrice de transfert inversée.

### Décembre

Tests avec différentes images de faible contraste.

### Janvier

Rédaction d'articles et compte-rendu.

Tests sur des images de fort contraste.

### Février

Réalisation d'un programme pour étendre le traitement aux images couleur en négligeant dans un premier temps la dépendance de la matrice de transfert avec la couleur.

Tests sur des images couleur.

Ou : modification des programmes pour travailler sur des résolutions beaucoup plus importantes.

Echange avec des chercheurs spécialistes du traitement d'image pour optimiser le traitement dans la situation d'images de fort contraste.

### Mars-Avril

Tests sur une plaque plus fortement diffusante que la première.