



# LE PARAXIAL

Numéro 20 - 03/04/2024  
[leparaxial@institutoptique.fr](mailto:leparaxial@institutoptique.fr)

## Une souris au tribunal

Pages 10 et 11



## Regardez les oiseaux

Page 9



## Retour sur Mars

Pages 14 et 15



# Vivre le rêve américain après Supop

par Bérénice Renard (promo 2021)



## L'ouverture en photographie

par Vincent Sevat

Pages 6 et 7



## Surmontons les aberrations

par Thomas Gabillet

Pages 12 à 14



## EDITORIAL

par Agathe Chirier (promo 2023)  
co-fondatrice du Paraxial

### Vingt numéros déjà !

De la simple idée lancée en janvier 2022 à la réalité vibrante que nous vivons aujourd'hui, le chemin parcouru par le Paraxial est tout simplement remarquable. Qui aurait pu prévoir, lors de la publication du tout premier numéro, que notre journal étudiant connaîtrait un tel essor en si peu de temps ?

C'est avec un mélange de fierté et d'admiration que je découvre chaque nouvelle édition, témoignant de la réussite fulgurante que connaît notre mensuel sous la direction dynamique des nouvelles promotions.

Ce mois-ci, parmi tant d'autres sujets, nous nous rendons outre-At-

lantique pour explorer les perspectives de carrière aux États-Unis.

Un grand merci à toutes les personnes qui ont contribué à faire de ce journal ce qu'il est devenu. Aux rédacteurs, aux photographes, aux graphistes, aux correcteurs, aux membres de la direction, aux partenaires, et bien sûr, à vous, chers lecteurs, pour votre soutien indéfectible. Mes remerciements tout particuliers à la nouvelle équipe, composée de Julie et Dorian, qui m'a fait confiance pour rédiger cet éditorial.

Je suis convaincue que les vingt numéros précédents ne sont que le début d'une longue histoire pour notre cher périodique étudiantin.

**Très bonne lecture !**

Que vous soyez perdu.e.s dans le choix de votre projet professionnel, ou que vous soyez juste curieux.se.s d'apprendre plus sur le monde professionnel, nous allons tenter ensemble, dans cette rubrique, de déceler les secrets des métiers qui vous sont accessibles après l'IOGS.

## Vivre le rêve américain: c'est possible avec le V.I.E. par Bérénice Renard (promo 2021)

Depuis plus d'un an, Bérénice Renard, ancienne élève de Supoptique, est en V.I.E. dans la filiale américaine d'Imagine Optic à Boston. Découvrez dans cet article ce que veut dire cet étrange acronyme.

### Le V.I.E, qu'est-ce que c'est ?

Le **Volontariat International en Entreprise**, c'est LE bon plan pour travailler à l'international, notamment aux Etats-Unis.

C'est un contrat qui permet aux jeunes (18-28 ans) d'être recruté.es par une entreprise française dans une de ses antennes à l'international, celle-ci bénéficiant de subventions de l'État Français. Tout le monde y gagne. C'est un contrat de 24 mois maximum, une fois dans sa vie, et dans la même entreprise. Aux Etats-Unis, il est limité par le visa à 18 mois.

### Pourquoi pas moi ?

En avril 2022, j'étais ingénieure en Recherche et Innovation chez L'Oréal lorsque j'ai reçu via le réseau d'Alumni un mail présentant l'offre d'Imagine Optic. Cinq mois plus tard je commençais ma formation technique dans les locaux d'Orsay et j'ai débarquée à Boston la veille de Thanksgiving.

Plus d'un an plus tard, je sais que c'est une des meilleures décisions que j'ai prise de ma vie.

### Imagine Optic : wavefront runner since 1996

Imagine Optic développe et commercialise des systèmes de métrologie optique, principalement des analyseurs de front d'onde (Shack-Hartmann) et des miroirs déformables.

L'analyse de front d'onde donne accès en temps réel aux aberrations optiques introduites par un système et permet donc par exemple de mesurer précisément l'état de surface d'un miroir ( $\lambda/100\text{nm}$  RMS), d'aligner un système complet ou collimater un faisceau. En effet, un faisceau est collimaté lorsque son rayon de courbure est infini, ce paramètre étant donné par l'analyseur. Grâce à un logiciel sophistiqué, le Shack-Hartmann d'Imagine Optic est aussi capable de calculer la PSF, la MTF et le M2.

En binôme avec un miroir déformable, ils constituent une boucle d'optique adaptative. Celle-ci permet de s'affranchir par exemple des turbulences atmosphériques. Et pas que ! Une boucle d'optique adaptative peut être utilisée pour compenser les aberrations de l'œil et ainsi améliorer drastiquement la résolution des instruments d'imagerie rétinienne : c'est ce que commercialise Imagine Eyes, la petite sœur



d'Imagine Optic.

Imagine Optic est une entreprise SupOp-made, fondée en 1996. Elle est présente aux États-Unis depuis plus de dix ans et il y a aujourd'hui trois commerciaux répartis sur tout le territoire américain.



*« Notre mission est de délivrer et de maîtriser la phase, l'un des quatre paramètres fondamentaux du champ électrique, avec la plus haute précision et robustesse »*

Samuel Bucourt  
CEO & co-founder

### Et mon rôle dans tout ça ?

Moi je suis « ingénieure d'application et support ». Concrètement, je travaille avec l'équipe commerciale dans les phases d'avant-vente afin d'aider le client à définir son besoin. Dans certains cas, je réalise par exemple une campagne de mesures d'échantillons et je produis un rapport de faisabilité. Typiquement, cela permet de prouver que nos instruments sont capables de faire la mesure demandée (ou non).

Je participe à des salons notamment *Photonics West* à San Francisco, la plus im-

portante réunion annuelle des actrices et acteurs de la Photonique (24,000 participant.e.s en 2024). Lors des salons, je suis d'une part responsable du fonctionnement du matériel de démo sur le stand et d'autres part je présente nos produits aux visiteurs intéressés.

J'interviens également en phase d'après-vente soit pour faire des installations chez les clients lorsque ce sont des systèmes complexes, soit comme point de contact lorsqu'ils ont des problèmes techniques ou des questions.

En plus de tout ça, je produis du contenu marketing pour le site américain afin d'améliorer notre visibilité en ligne aux Etats-Unis.

### Et donc, American dream ou pas ?

Qui dit petite entreprise dit grande variété de missions, et c'est ça qui me plaît : je ne m'ennuie jamais ! Le marché Américain de la Photonique est très dynamique et se développe de plus en plus, les clients sont très réactifs et exigeants, ce qui me pousse à l'être moi aussi et à sortir de ma zone de confort.

J'apprends tous les jours et dans tous les domaines, de la technique aux relations commerciales grâce à une équipe d'experts passionnés et technophiles. Mais j'apprends aussi la gestion d'un site web et la rédaction d'articles scientifiques.

Vous l'aurez compris, c'est un sans-faute

pour l'expérience V.I.E chez Imagine Optic / Axiom Optics à Boston. ■



Malgré les 5500km nous séparant de Boston, Le Paraxial a réussi à s'entretenir avec Bérénice Renard lors d'un court passage en France afin de lui poser quelques questions supplémentaires.

**Le Paraxial:** Bonjour Bérénice, merci beaucoup pour ce moment alors que tu passes quelques jours à Orsay. Pour débiter, pourrais-tu nous parler un peu de ton parcours scolaire ?

**Bérénice Renard :** Après mon BAC S, je ne savais pas trop quoi faire et comme je n'étais pas trop mauvaise en sciences, j'ai naturellement été dirigée vers la prépa de mon lycée, à Blaise Pascal à Orsay. Je pense que je n'étais vraiment pas adaptée au côté compétition et au rythme très soutenu qui va avec, j'ai donc décidé d'arrêter au bout d'un an. Etant à proximité de l'Université Paris Saclay, j'ai pris connaissance grâce à mon entourage de la double License Mathématiques-Physique que propose la fac d'Orsay. J'ai donc passé deux années dans cette formation, et j'ai adoré ! Cela m'a permis de reprendre confiance en moi et de découvrir une méthode d'enseignement différente à laquelle j'étais bien plus adaptée. Et je n'ai pas fait la troisième année de licence : j'ai passé le concours de Supop à la fin de la deuxième année et je l'ai eu. À Supop, j'ai suivi la filière Classique. Et ensuite je suis fière de dire que je suis allée à Saint-Étienne et que j'ai adoré ! Même s'il y a eu le Covid pendant ma deuxième année, j'ai quand même passé du temps à Sainté et j'ai beaucoup apprécié l'équipe enseignante et l'ambiance stéphanoise. C'est vraiment un choix que je ne regrette pas !

**LP :** Qu'est-ce qui t'a poussée à choisir Saint-Étienne pour ta deuxième année ?

**BR :** Quand j'étais en 1ère année à Palaiseau, Mathieu Hébert est venu nous présenter la formation de Saint Etienne et notam-ment les cours qu'il enseigne. J'ai adoré l'écouter parler de colorimétrie et des méthodes de métrologie de l'apparence qu'il illustrait à travers l'exemple de l'étude des œuvres d'art. Donc je me suis dit « Saint-Étienne : pourquoi pas ». J'ai été ravie de découvrir bien d'autres cours passionnants, enseignés par des passionnés comme évidemment l'Optical Design par Thierry Lépine.



**LP :** Revenons sur ton expérience avec le programme V.I.E. Comment as-tu découvert ce programme ?

**BR :** C'est vrai qu'on n'entend pas beaucoup parler du V.I.E à Supop. Quand j'ai fait mon stage de fin d'étude chez L'Oréal – que j'ai adoré d'ailleurs – il y avait une autre stagiaire qui cherchait V.I.E. dans son domaine à elle, mais ça a planté une graine dans ma tête. Alors quand j'ai reçu quasiment un an plus tard le mail d'Imagine Optic par les Alumni je me suis dit que c'était une formidable opportunité. En plus, tout me plaisait dans l'offre. J'allais finir mon CDD donc tous les feux étaient au vert, timing parfait. J'ai vrai-ment eu de la chance.

**LP :** En dehors du V.I.E, qu'est-ce qui t'a motivé à rejoindre Imagine Optic ?

**BR :** Alors déjà parce que c'est une entreprise dont j'avais entendu parler par le réseau des anciens et je savais que c'était une entreprise assez familiale avec une ambiance sympa. Je savais que j'allais continuer à apprendre en optique, chose dont j'avais l'impression de m'éloigner quand j'étais chez L'Oréal. Et en étant entourée d'experts, passionnés par la physique, je me suis dit que j'allais pouvoir développer mon expertise technique.

**LP :** Avant de partir aux États-Unis, avais-tu des attentes spécifiques concernant ton expérience là-bas ?

**BR :** Et bien écoute, bizarrement je n'avais pas tant d'attentes que ça. En fait j'étais déjà allée une fois aux États-Unis à Los

Angeles en Californie donc j'avais déjà eu le choc « tout est grand, tout est gros, tout est démesuré ». En ce qui concerne Boston, beaucoup de personnes autour de moi y étaient déjà allés et m'avaient dit que c'est une ville géniale parce que c'est un environnement assez intellectuel et très stimulant. Effectivement le terreau est assez fertile : tu rencontres des gens qui sortent du MIT ou Harvard, qui vont monter leur boîte. J'ai aussi été surprise de voir la place qu'occupe le sport dans la vie des gens, été comme hiver ils.elles font leur petit jogging ou du vélo. Les gens ont un mode de vie super sain en fait. Boston c'est une ville très propre et très safe. C'est complètement l'opposé de ce que l'on peut imaginer. On n'y mange pas que des frites et des burgers, c'est même très simple d'avoir un régime alimentaire végétarien (ouf !) et j'ai même couru un semi-marathon ! J'avais effectivement peur avant de partir de ne pas trouver un mode de vie en accord avec mes valeurs, et c'est finalement tout le contraire, j'adore la vie que j'ai ici.

**LP :** En fin de compte tu as pu continuer aux États-Unis le mode de vie que tu avais en France.

**BR :** Exactement. Après ça change quand même un peu, mais comme pour tout on s'habitue. Par exemple, pour l'anecdote, la première fois que je suis arrivée au supermarché j'ai attrapé un oignon, il faisait la taille de ma main. Plus sérieusement, la plus grosse différence dans mon mode de vie est la fréquence à laquelle je prends l'avion.

Forcément pour rentrer en France c'est obligatoire, mais pour voyager au sein même du pays, qui est immense, l'avion est quasiment obligatoire aussi. Il faut dire que le réseau ferro-viaire n'est pas aussi développé qu'en France et qu'il reste lent. Par exemple pour aller à NYC depuis Boston c'est quatre heures en train comme en bus alors qu'en France on parcourt bien plus de kilomètres en quatre heures de train que de bus.

**LP :** Parle-nous un peu de ton intégration au sein de l'équipe à ton arrivée à Boston et de la culture d'entreprise là-bas.

**BR :** Déjà, j'avais fait 3 mois de formation technique en France chez Imagine Optic à Orsay donc j'avais pu échanger rapidement avec l'équipe US avant de débarquer. Quand je suis arrivée, Philippe, mon responsable, est venu me chercher à l'aéroport, sympa ! Ensuite c'était assez spécial parce que le lendemain c'était Thanksgiving donc férié. Pour la petite histoire, il m'a invitée chez lui donc pour mon premier jour j'ai vraiment plongé dans la vie américaine. Tout s'est tout de suite bien passé ! Mais il faut quand même noter que là-bas tout va vite. Par exemple, j'ai perdu l'habitude de mettre les formes à la française : « bonjour, j'espère que tu vas bien, blablabla, meilleures salutations ». Aux États-Unis c'est vraiment « Où est ça ? Comment on fait ça ? », on va à l'essentiel. Ce que j'adore c'est que tant les clients que les personnes avec qui je travaille à Imagine Optic sont tous passionnés.

**LP :** Qu'est-ce qui te plaît le plus dans ton travail aujourd'hui ?

**BR :** C'est une bonne question. Je pense que ce qui me plaît le plus pour la forme c'est de faire plein de choses différentes.

Donc faire un peu le côté commercial, le côté support produit, les conférences, et je fais aussi un peu de marketing. Je fais vraiment plein de choses différentes. Et pour le fond je pense que c'est vraiment la relation client que j'aime beaucoup puisque les gens sont très curieux et ils nous apprennent aussi beaucoup de choses : ce n'est pas que dans un sens ! J'apprends tous les jours. Moi je travaille en binôme avec les commerciaux donc je les regarde faire avec chacun leur propre manière de fonctionner et de vendre.

**LP :** Quels sont les cours de Supop qui te sont le plus utiles dans ton travail actuel ?

**BR :** Ce qui me sert le plus ce sont les cours de conception optique, d'optique géométrique : tout ça c'est quand même la base. Parfois j'aimerais bien refaire un ou deux cours ça me ferait du bien. Donc oui évidemment la conception optique c'est très important parce que nous on étudie les fronts d'onde donc l'étude des aberrations c'est très important, je m'en sers tous les jours. Aussi, on le dit souvent mais la vie associative c'est très important : pouvoir assister à des conférences, échanger. Tous ces cours qui sont un peu extra apportent énormément à la formation. Et puis bien évidemment les cours d'anglais sont super importants, surtout pour les États-Unis. Mais tous les cours un peu annexes où on sort de sa zone de confort sont très intéressants. Et je tiens à souligner qu'étonnamment les TP's d'électronique me servent plus que ce que j'aurais pensé !

**LP :** Comment gères-tu la distance entre tes proches en France et ta vie professionnelle aux États-Unis ?

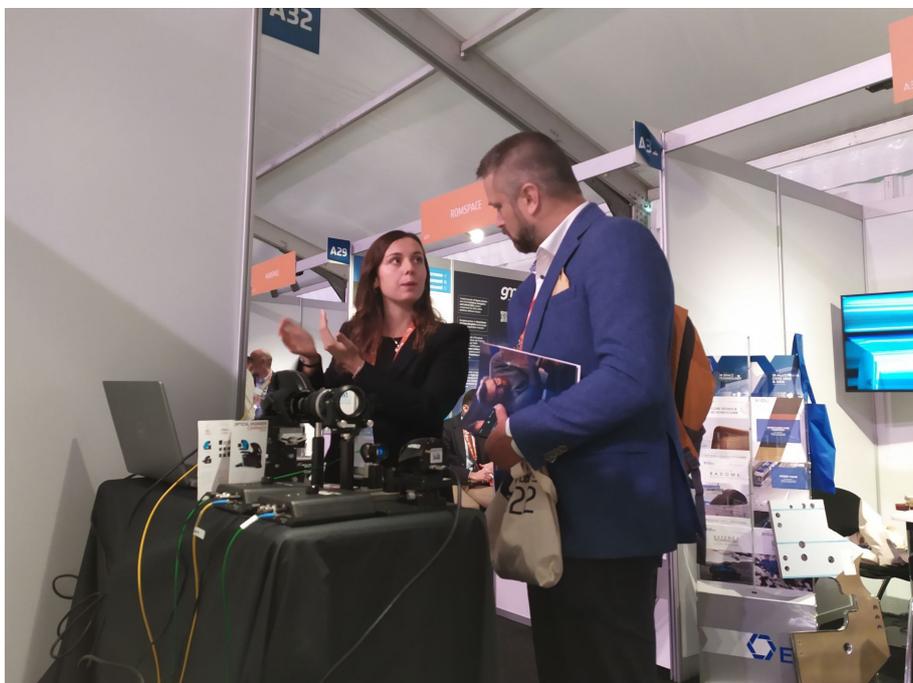
**BR :** Alors c'est différent bien sûr. Ce n'est pas si compliqué puisqu'on peut

communiquer facilement. Pour moi le plus compliqué c'est le décalage horaire (-6h) parce que tu ne peux pas appeler les personnes le soir parce qu'elles dorment : à partir de 18h il n'y a plus personne. De leur côté, mes proches ont compris que je suis épanouie, ils préfèrent me voir heureuse loin plutôt que moins heureuse près je pense.

**LP :** Enfin, quels conseils donnerais-tu à ceux qui envisagent un V.I.E ou une carrière aux États-Unis ?

**BR :** Foncer. Ne pas se poser de questions. L'avenir dure longtemps, tu n'es pas obligé.e de trouver tout de suite un CDI tu as le temps de mettre en place ta carrière, tu as le temps de vivre les choses les unes après les autres. Donc soyez ouvert.e.s aux opportunités et suivez votre intuition et vos envies. Si vous n'avez pas encore d'opportunités mais que vous avez très envie de partir vivre à l'étranger, évidemment il ne faut pas hésiter à consulter le registre des anciens, notamment parce qu'il est aussi classé par localisation. Ou bien même utiliser LinkedIn, taper « Institut d'Optique [pays] » et contacter les personnes qui apparaissent, ça marche bien. Aussi, les candidatures spontanées fonctionnent bien ; de dire « moi je viens de Supop j'ai vu que votre entreprise française a une antenne à l'internationale, avez-vous envisagé le contrat V.I.E ? ». Soyez moteur dans votre recherche d'emploi. Bref, le conseil à retenir : n'hésitez pas ! On apprend tellement en vivant à l'étranger tant sur soi et que sur la vie en entreprise, les autres. Soyez prêt.e.s à bousculer vos habitudes et votre quotidien, bousculer ça fait avancer, non ?

**LP :** Merci beaucoup Bérénice pour le temps que tu nous as accordé et bon retour à Boston :) ■



Retrouvez en l'intégralité, ainsi que des ressources supplémentaires, sur le site du Paraxial:

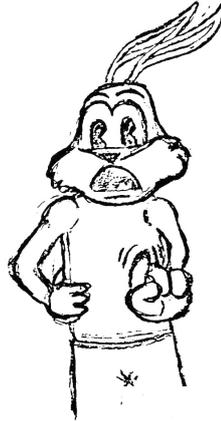
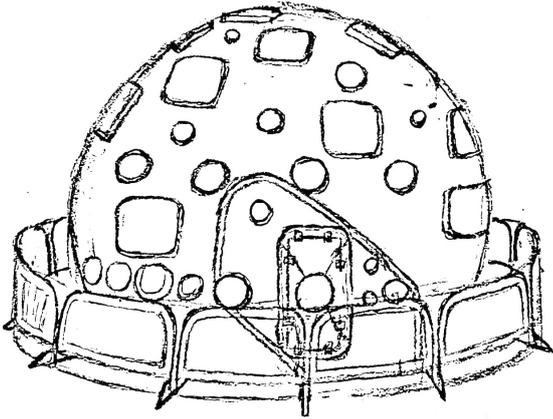


Ce parcours incroyable est né d'un mail des anciens. Alors pour ne manquer aucune opportunité :  
cotisez **SupOptique Alumni** !

**SupOptique**  
**ALUMNI**

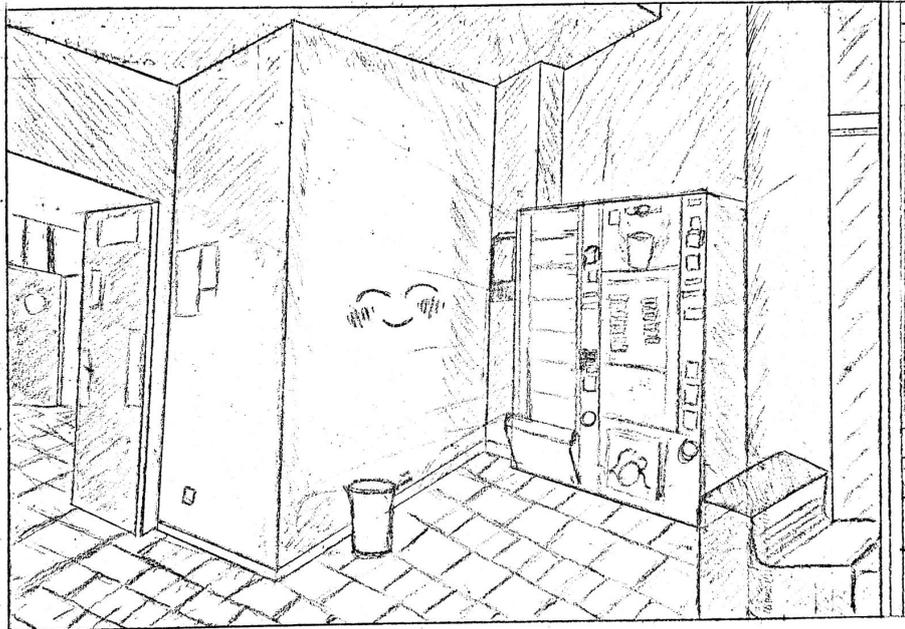
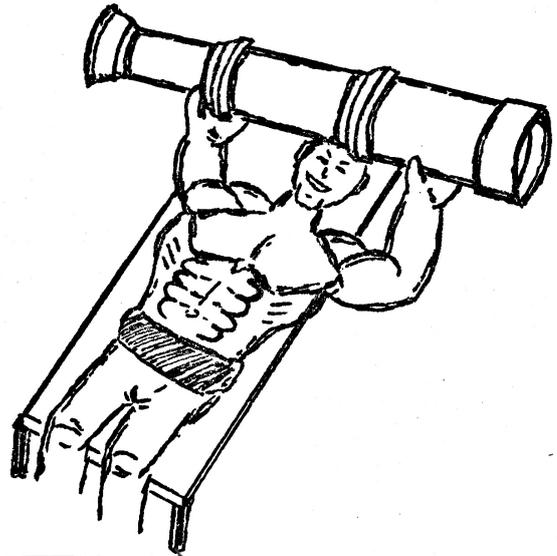
LA LUMIÈRE NOUS ANIME

[www.supoptique-alumni.com](http://www.supoptique-alumni.com)

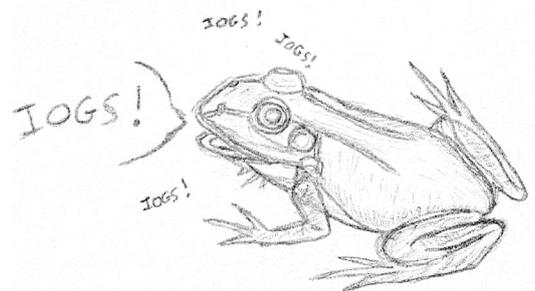


par Gabriel Morel  
(promo 2026)

ATTENTION ! Ne mets pas ta  
tête dans le laser méga joule !!!



MERCI GABRIEL P. =)





# L'apprenti-e photographe

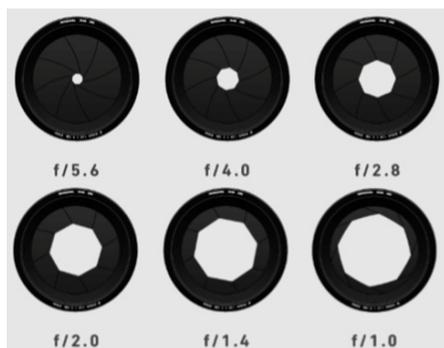
La rubrique «L'apprenti-e photographe» vise à éveiller votre passion pour la photographie et à vous guider dans votre apprentissage. Que vous soyez novice cherchant à maîtriser les bases ou amateur avide de perfectionnement, ce coin vous offre des techniques et des astuces pour affiner votre art de la capture d'images.

## L'ouverture en photographie

par Vincent Sevat (promo 2026)

L'ouverture fait partie en photographie des 3 paramètres définissant le triangle d'exposition, et représente la quantité de lumière traversant l'objectif et atteignant le capteur. Elle est contrôlée par le diaphragme qui lorsqu'il est fermé bloque une partie de la lumière incidente, à la manière de la pupille de l'œil qui s'adapte en fonction de la luminosité.

L'ouverture est en pratique caractérisée par le rapport  $f/d$  (auss appelé *f-stop* en anglais), le rapport entre la focale et la taille de la pupille d'entrée du système optique. Ainsi à focale fixée plus ce chiffre est petit plus la taille de la pupille d'entrée est grande et plus l'image en sortie est lumineuse, on est donc capable de collecter plus de lumière.



©Cliftoncameras

Ces nombres d'ouverture sont classés dans une suite géométrique de raison racine de deux. En fermant le diaphragme et en passant de  $f/4$  à  $f/5.6$  on divise par  $\sqrt{2}$  le rayon de la pupille, donc on divise par deux la surface de la pupille d'entrée. Ce qui a pour effet de diviser aussi par 2 l'éclairement sur le capteur. Ainsi pour avoir la même exposition il faudra doubler le temps de pose ou la sensibilité à  $f/5.6$ , et ce pour chaque incrément.

Voilà un exemple d'exposition requise pour différentes valeurs d'ouvertures avec un 50mm  $f/1.4$  :

Ouverture	Temps de pose	
$f/1.4$	1/10 s	correct
$f/2$	1/50 s	limite
$f/2.8$	1/25 s	trop rapide
$f/4$	1/12 s	
$f/5.6$	1/6 s	

Lorsqu'on ferme le diaphragme et que la lumière devient trop faible, on doit soit augmenter la sensibilité du capteur soit augmenter le temps de pose de la caméra, afin de capter plus de lumière et avoir une exposition correcte. Mais plus la vitesse d'obturation diminue, plus les

micromouvements de la main lors de la prise de vue deviennent visibles, au point que l'image peut devenir complètement floue si l'exposition est trop longue. La règle pour un capteur plein-format est qu'il faut avoir un temps de pose inférieur à l'inverse de la focale utilisée pour ne pas avoir de flou de bougé. C'est pourquoi dans notre cas on doit s'arrêter à  $f/2$  sinon l'image sera floue.

Mais l'ouverture ne sert pas uniquement à faire varier la quantité de lumière incidente, elle permet aussi comme on l'a vu avec le bokeh de faire varier la profondeur de champ. Avec une grande ouverture (donc un rapport  $f/d$  petit) on obtient une plus faible profondeur de champ, ce qui permet de focaliser l'attention sur le sujet. Cela est très utile pour faire un portrait si on veut isoler la personne de l'arrière-plan.

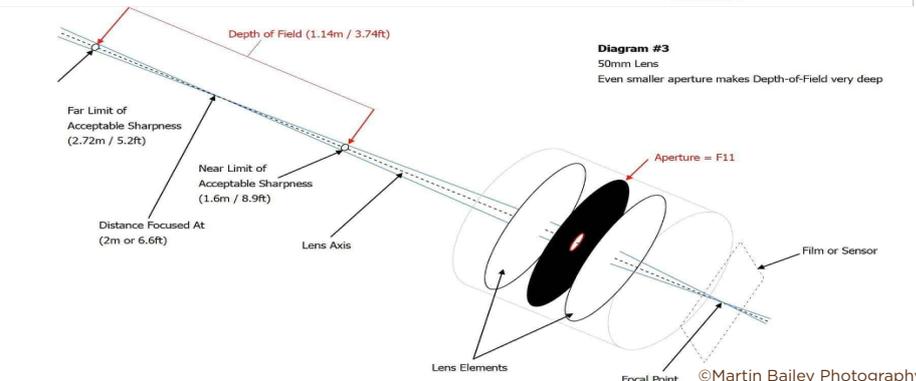
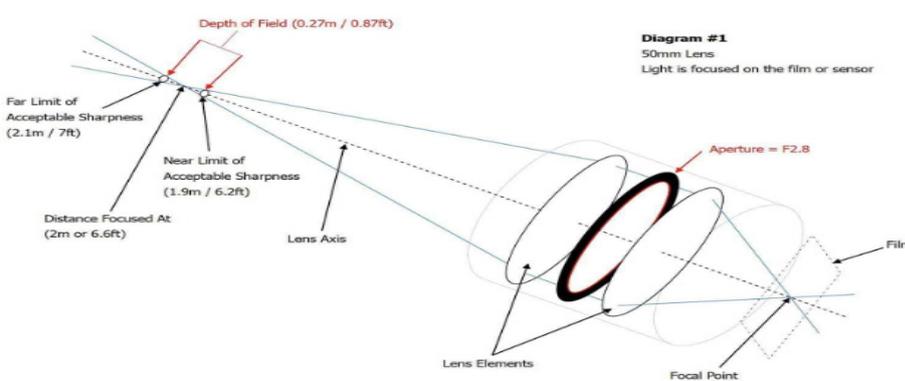
Mais si on veut faire du paysage, on va vouloir au contraire avoir une grande profondeur de champ afin que tous les éléments de la composition soient nets,

on va donc cette fois devoir fermer le diaphragme, au-delà de  $f/5.6$ . Il n'est pas rare d'atteindre  $f/8$  voire  $f/11$  mais à partir de ces ouvertures on commence à voir les effets de la diffraction.

En effet le diamètre de la tache d'Airy est proportionnel au rapport  $f/d$ , donc plus on ferme le diaphragme plus la tache s'agrandit, ce qui se traduit par une diminution de la résolution globale de l'image. Le but est donc d'avoir un bon compromis entre une profondeur de champ très large et une bonne netteté. En général il vaut mieux « sacrifier » un peu de netteté afin d'être sûr d'avoir simultanément le premier et l'arrière-plan net.

Comme on le voit ci-dessus, fermer le diaphragme permet de sélectionner les rayons les plus inclinés par rapport à l'axe optique, ce qui agrandit la zone dans laquelle un objet sera perçu comme étant net.

Mais en sélectionnant les rayons les plus proches de l'axe optique, on contribue également à améliorer les perfor-



©Martin Bailey Photography

# L'apprenti-e photographe

mances de l'objectif : en fermant le diaphragme de seulement quelques crans on peut observer des gains considérables en netteté et en contraste, surtout sur les bords de l'image qui ont toujours plus d'imperfections que le centre.

Ainsi si on veut avoir l'image la plus propre possible avec le moins d'aberrations on devra fermer le diaphragme, mais aussi s'arrêter avant que la diffraction devienne trop importante. Pour la plupart des objectifs les performances maximales sont atteintes entre  $f/5.6$  et  $f/8$

Cet effet est très marqué sur les anciens objectifs qui peuvent présenter de grosses aberrations à ouverture maximale: regardez donc les images ci-contre. (ouvert à  $f/2$  en haut, à  $f/8$  en bas)

On peut ici constater que fermer le diaphragme a permis de retirer les aberrations sphériques et d'augmenter le contraste entre les arbres et le ciel, ce dernier étant surexposé par rapport au reste de l'image à  $f/2$ .

On serait alors tenté de dire qu'il vaut mieux avoir un objectif avec une très grande ouverture, afin de pouvoir faire des photos en très basse lumière sans avoir à trop monter la sensibilité du capteur. Et même si la qualité optique n'est pas bonne à pleine ouverture, on pourra fermer le diaphragme et être toujours plus lumineux que la plupart des autres objectifs. Sauf que la plupart des objectifs avec des ouvertures proches de  $f/1$  souffrent d'un problème : même à diaphragme fermé leurs performances sont moins bonnes que ceux à ouverture plus petite. Le canon fd 50mm  $f/1.2$  par exemple était moins net et avait plus d'aberrations à  $f/8$  que l'objectif de base 50mm  $f/1.8$  à la même ouverture, alors que ce dernier coûtait presque 5 fois moins cher.

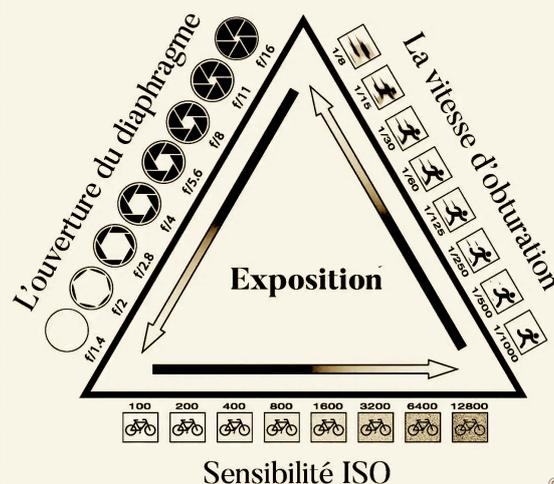
A l'époque de l'argentique on devait choisir entre avoir une bonne netteté et avoir une faible profondeur de champ avec une grande ouverture. Et même si c'est moins le cas aujourd'hui avec les systèmes optiques modernes, les prix sont toujours aussi élevés pour des gains de lumière souvent surestimés.

En conclusion il peut être plus utile d'utiliser un trépied et de faire une pose plus longue si les conditions de luminosité l'imposent. Cependant si la photo doit être prise à main levée on pourra activer la stabilisation si le boîtier en possède une : cela permet de compenser une partie des tremblements de la main et d'avoir une exposition plus longue sans voir le flou de bougé. En augmentant ainsi de quelques crans la sensibilité ISO on pourra avoir une image mieux exposée même en basse lumière. ■



Cooke Speed Panchro 25mm  $f/2$  Serie III (Zoom à 100% au bord de l'image)

Comprendre et maîtriser le triangle d'exposition est un élément indispensable en photographie pour facilement faire la relation entre les trois variables qui influencent l'exposition d'une photo : la sensibilité ISO, la vitesse d'obturation et l'ouverture. Chaque côté du triangle correspond à un paramètre de l'exposition.



## Les évènements du mois d'Avril

# Avril 2024

### Agenda de la vie associative

- BDE
- BDS
- BDA
- Autres

#### 4 avril à 20h Représentation du club théâtre

Profitez d'une bonne pièce présentée par nos collègues de l'association théâtre. Cette année ils nous présenteront « Plus ou moins l'infinie » de Clémence Weil

#### 5 avril AD2A

Une soirée pour dire un dernier au revoir au 2ème année qui partent en stage !

#### 22 avril Table ronde Femto

Une table ronde organisée par Femto autour de la thématique de la place des femmes dans le monde du travail.

#### 2 mai Optibar

Dernier optibar de l'année, c'est l'occasion de profiter encore une fois de bonne musique et d'une bonne ambiance.

## Mot du nouveau BDS

Une bande de copain, voilà ce qu'est le BDS cette année et ce qu'il a sans doute toujours été.

Nous sommes tous ravis d'avoir été élu pour assurer au mieux l'avenir du sport dans notre école, que se soit sur Palaiseau ou bien sur les sites de Bordeaux et Saint-Étienne.

C'est avec une grande motivation et des objectifs plein la tête que nous commençons ce mandat. Club de skate, réduction des coûts aux tournois sportifs, club de running, événement sportif, re-dynamisation des sports, sortie cyclisme... et notre inspiration nous mènera encore plus loin.

Si vous n'êtes pas encore membre et que vous aussi vous avez envie de vous investir dans la vie sportive de l'école n'hésitez pas à nous contacter (un des membres de la liste) pour rejoindre notre aventure!!



Les Ninjas Warriogs ■



## Regarde donc les oiseaux

par Pierre-Yves Petit (promo 2026)

**Nous les cotoyons tous les jours, et souvent sans les voir. Quelle erreur ! Ces petites créatures sont des concentrés de beauté ambulants, il serait dommage de s'en priver...**

Mais pour aimer il faut connaître, et pour connaître il faut prêter attention. Prêter attention à la trille légère des mésanges, saluer l'atypisme de la pie bavarde, se laisser bercer par le roucoulement chaleureusement familier du ramier. Que vous soyez naturaliste amateur, ornitho chevronné ou que vous cherchiez à apprécier la nature, chacun trouvera son compte dans la pratique merveilleuse de l'observation ornithologique.

Bien que l'on puisse croiser ces volatiles un peu partout, les espèces les plus intéressantes savent se faire désirer, et l'on se doit d'aller à leur rencontre avec une grande discrétion. Parfois, il suffit simplement d'être attentif, et l'oiseau vient à nous. Sinon, il faut se cacher et faire le moins de bruit possible, ou bien l'observer de loin avec des jumelles, une longue-vue et peut-être l'immortaliser à travers un téléobjectif. Si l'affût est réussi, quelle joie ! L'oiseau tant espéré est au rendez-vous. Vite, l'obturateur résonne ! Plus longue est l'attente, plus vif sera le souvenir de cette rencontre.

L'un des endroits les plus riches du plateau en termes de bêtes à plumes restent les étangs de Saclay. De nombreuses espèces remarquables y vivent, à l'année ou bien de passage lors de leurs migrations. Les habitants à l'année sont les cormorands huppés, les hérons cendrés, les grèbes huppés, ainsi que bien d'autres espèces de canards, de mouettes, etc. D'autres compères ne daignent se montrer que quelques temps par an, comme le majestueux Balbuzard pêcheur, ou les

déliçates sternes qui commencent en ce moment leur nidification.

Toute cette petite famille est suivie de près par un naturaliste, qui recense les espèces qu'il observe, tout comme celles que les ornithologues amateurs lui communiquent.

Avec le retour des beaux jours, de nouvelles sorties vont être organisées en association avec les Blairoudeurs de l'Agro. Ce sera l'occasion d'enrichir votre culture ornithologique et de faire connaissance avec nos voisins agronomes ! ■

*Je tiens à remercier Guillaume Chapelant (P24) et Thomas Prieur (P25) de m'avoir fourni de superbes photographies !*

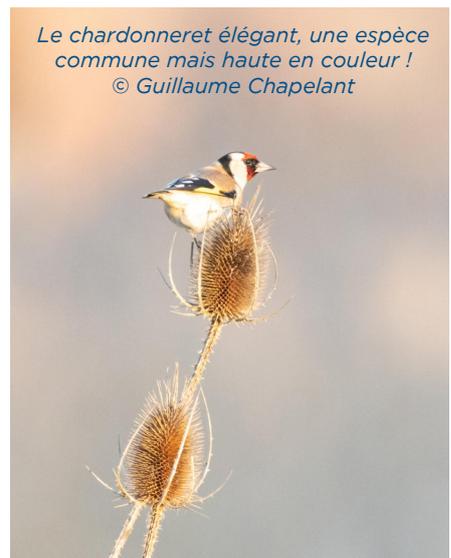
Groupe WhatsApp d'**Ornithiogs**, le club naturaliste de Supop :



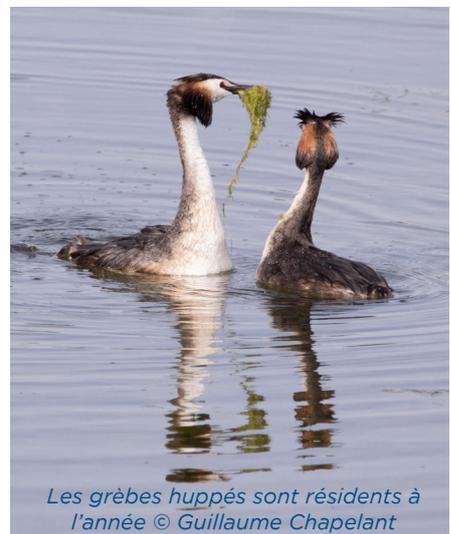
*Une belle rencontre avec un hibou moyen-duc ©Guillaume Chapelant*



*L'immense et bien connu héron cendré © Guillaume Chapelant*



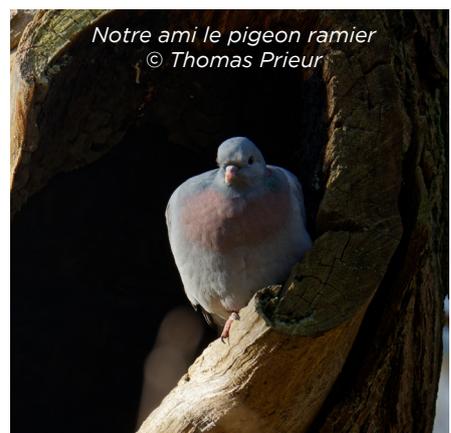
*Le chardonneret élégant, une espèce commune mais haute en couleur ! © Guillaume Chapelant*



*Les grèbes huppés sont résidents à l'année © Guillaume Chapelant*



*Les bernaches du Canada sont des visiteuses hivernales qui ne passent pas inaperçues © Thomas Prieur*



*Notre ami le pigeon ramier © Thomas Prieur*

# Une souris au tribunal

par Axèle Fontaine (promo 2026)

La semaine spécifique «théâtre» du deuxième semestre a donné naissance à une pièce de théâtre dynamique et engagée sur le thème de la responsabilité scientifique. Une souris au tribunal est le fruit d'une semaine d'écriture et de mise en scène conduite par Anne Rougée de la Comédie des Ondes et un petit groupe d'élèves de première année.

## L'écriture

Il en fallait de la matière pour écrire une pièce entière. Et quoi de mieux que des textes de Supopticien·ne·s pour être joués devant des Supopticien·ne·s? Nous avons donc retravaillé les textes de l'atelier d'écriture mené par Nathalie Westbrook et Anne Rougée. Une soixantaine de textes ont été écrits sur divers thèmes. Certains traitaient de la science, d'autres de la musique ou même du sacré. Nous avons été surpris par l'inventivité et la qualité de ces textes.

Revenons un peu plus en détail sur cet atelier d'écriture. Dans un premier temps, il était demandé aux élèves d'effectuer un travail de recherche sur le thème des « Inventions et Innovations d'hier, d'aujourd'hui et de demain ». Il fallait se concentrer sur un sujet, se documenter, creuser. Puis rédiger un rapport à rendre à Anne Rougée. Par ailleurs, chacun devait, avec 5 mots et 3 phrases, exprimer ce qui l'avait marqué lors de ses recherches.

5 mots et 3 phrases, cela peut paraître anodin, ce n'est presque rien. Mais c'est bel et bien ceux sur quoi nos camarades ont travaillé durant la deuxième séance de l'atelier d'écriture. Anne Rougée avait fait une sélection parmi les mots et phrases retenus. Certains étaient légers, d'autres satiriques ou encore dramatiques. Il fallait en discuter, y réfléchir, causer un peu sur tout et se sentir libre de s'exprimer surtout.

Une fois que les élèves ont échangé et réfléchi librement, c'était le moment de donner tout son sens à cet atelier. C'était enfin le moment d'écrire. Une consigne seulement : écrivez ce que vous voulez, vous avez 30 minutes. On n'imagine pas ce qu'on est capable de faire en 30 minutes, mais tout ce que je peux vous dire c'est que ces textes ont marqué les esprits lorsqu'ils ont été lus en amphi. Les élèves de première année ont découvert des talents cachés, des proses engagées et parfois même une sensibilité dissimulée, lors de la restitution des travaux d'écriture.

## L'atelier théâtre

L'atelier théâtre a en réalité débuté une semaine avant la semaine spécifique. Il fallait choisir parmi les textes de l'atelier d'écriture ceux qu'on voudrait travailler. C'était l'occasion pour nous de nous re-



plonger dans les écrits de nos camarades et de redécouvrir leurs discours. Force est de constater que certains ont fait l'unanimité. C'est le lundi 11 mars que tout a commencé.

Je me rappelle du premier jour comme celui de la découverte, on apprenait à connaître les autres et à se connaître soi-même. C'était presque étonnant de voir tout le monde jouer le jeu et improviser des scénarios à partir de quelques mots. On a également révélé les quelques textes qu'on avait choisis. Le mien m'a fait réfléchir, celui d'Anaël m'a fait rire. Chaque texte avait sa particularité, sa singularité, son identité. On se demandait encore, comment pourrait-on rassembler ces écrits et en créer un tout ordonné ?

On avait chacun nos chouchous, nos préférés, mais encore fallait-il se les approprier. On les a donc répétés, plusieurs fois, en changeant le ton, en forçant la voix. Il fallait que ce soit nos textes, qu'on les fasse vivre. Alors on essaie, on tâtonne, on se demande si ça va plaire, si on n'est pas trop ridicule. On ne sait pas vraiment où on va, mais on y va gaiement. Après avoir répété inlassablement son récit, le schéma devient un peu plus précis. On a enfin l'impression que ce texte appris par cœur résonne différemment, un peu plus émouvant.

Tous les matins on se retrouvait et on faisait nos échauffements. Au bout du deuxième jour, je me suis surprise à être un peu plus à l'aise à parler librement. Finalement ce n'est pas si terrible que ça! On commençait à prendre plaisir à incarner nos personnages et à changer de peau l'instant d'une scène.

En parallèle de l'appropriation il fallait trouver un fil directeur, quelque chose pour lier tous ces mots. Beaucoup de nos textes préférés portaient sur la responsabilité scientifique. On a alors eu l'idée d'une pièce qui s'articule autour d'un procès, celui d'Alain, un scientifique qui a délaissé son éthique. Ne me demandez pas pourquoi «Alain», je ne saurais répondre, en tous cas ce n'est pas en référence à Alain Aspect !

On a alors voulu raconter la vie passionnante d'Alain, de son enfance à son passage au cours de sa carrière. On voulait montrer que la science n'est pas seulement utilitaire, mais qu'on peut s'attacher à préserver une science plus contemplative, plus interrogative. On s'attache finalement à Alain qui n'est qu'un passionné que l'ambition a rendu malintentionné.

# SupOptique a du talent

L'histoire était écrite et on pouvait enfin faire ce qui ressemble à une première répétition sous l'œil attentif d'Anne. On est soulagé, on a l'impression d'avoir bien avancé ! Il ne restait plus que les costumes, les décors, les accessoires, la communication, la feuille de salle... Bref, on avait de quoi s'occuper ! Merci au BDA de nous avoir prêté nos costumes. Certains de nos camarades ont également accepté de donner de leur temps pour nous aider avec les lumières. Merci à Hoffner Jérémie et Chesne Mathias. Certains ont même sorti le saxophone ou la clarinette pour rendre le spectacle plus vivant. Le titre a été trouvé au dernier moment, et on s'est tous accordés pour «Une souris au tribunal».

Le vendredi 15 mars au matin, c'est l'effusion, plus que quelques heures avant de jouer cette pièce, notre pièce. On n'est pas prêt, on oublie son texte, on a le trac. Anne Rougée nous donne ses derniers conseils. Mais celui qui marque les esprits c'est celui-ci :

« Surtout, amusez-vous! »

À midi bon nombre d'élèves sont au rendez-vous. On est intimidés, mais on joue et on y met tout notre cœur. On y avait passé quatre jours et c'était enfin le moment de porter sur scène le fruit de notre travail. Une seconde représentation est prévue le 20 mars, mais au moment de saluer on a tous un pincement au cœur en repensant à cette semaine dans la peau de comédiens et comédiennes. Finalement merci à Anne Rougée, pour son investissement et sa passion, merci à elle sans qui on aurait pas créé ce projet. ■

#### Membres de l'atelier théâtre:

- Marie-Capucine Pomeau
- Yousr Gharsall
- Alexis de La Bretesche
- Anaël Jehel
- Maximilien Marcelino
- Axèle Fontaine
- Marie-Sixtine Coville
- Laureen Pradel
- Ingrid Bevilard



© Vincent Sevat



© Dorian Mendes



© Vincent Sevat

Une pièce réalisée par les élèves de SupOptique,  
avec la supervision de Anne Rougée, de la Comédie des Ondes

Avec  
Marie-Capucine Pomeau  
Yousr Gharsall  
Alexis de La Bretesche  
Anaël Jehel

Et  
Maximilien Marcelino  
Axèle Fontaine  
Marie-Sixtine Coville  
Laureen Pradel  
et Ingrid Bevilard



## UNE SOURIS AU TRIBUNAL

VENDREDI 15 MARS 12H  
MERCREDI 20 MARS 18H



AUDITORIUM DE SUPOPTIQUE



# À la conquête des étoiles : Surmontez les aberrations optiques avec les télescopes innovants

par Thomas Gabillet (promo 2025)



Imaginez-vous, scrutant le ciel nocturne avec votre télescope. Seulement, en cette magnifique nuit d'août, vous vous rendez compte que les étoiles ressemblent plus à des éclaboussures de peinture qu'à des points lumineux élégants. Ne vous inquiétez pas, vous n'avez pas accidentellement téléporté votre télescope dans un tableau de Picasso ! Ce que vous observez, chers astronomes en herbe, ce sont les fascinantes aberrations optiques, ces phénomènes visuels mystérieux que même les télescopes les plus sophistiqués ne parviennent pas à éliminer complètement... Mais soyez rassurés ! Ce mois-ci, nous allons voir comment des esprits ingénieux ont surmonté ces défis astronomiques, nous permettant ainsi d'admirer les merveilles de l'univers avec une netteté remarquable.

## Les aberrations

En considérant l'optique paraxiale ou en envisageant un système optique parfait, l'image d'un point est censée correspondre à un point (stigmatisme). Cependant, cette idéalité n'est que rarement atteinte. En réalité, ce que l'on désigne sous le terme «aberrations» dans un système optique tend à transformer cette image ponctuelle en une tâche.

Ces aberrations représentent donc des imperfections intrinsèques au système optique qui, dans leur ensemble, ont tendance à réduire les performances du système. Il est évident qu'avoir une tache au lieu d'un point compromet la résolution du système de manière significative.

En résumé, ces « aberrations » se divisent en deux types :

**Les aberrations géométriques :** telles que l'aberration sphérique, la coma, l'astigmatisme, la courbure de champ, etc. Elles sont dues à des aspects géométriques du système optique tels que les rayons de courbure, les épaisseurs, les alignements, le positionnement des optiques, etc...

**Les aberrations chromatiques :** causées par les propriétés diélectriques du verre. Étant donné que l'indice optique dépend de la longueur d'onde, cela entraîne une dispersion des couleurs dans les matériaux et des images différentes selon la longueur d'onde.

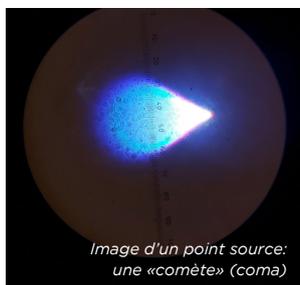


Image d'un point source: une «comète» (coma)

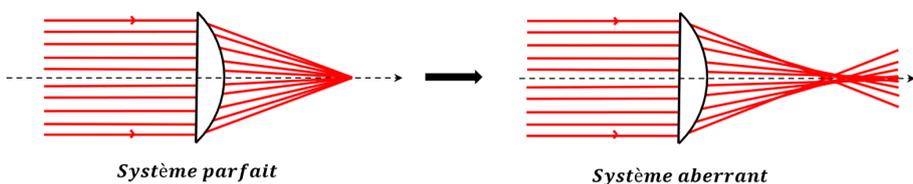


Saturne, avec les bords bleus et rouges (chromatisme transvers)



Image d'un point source: une tâche (aberration sphérique)

Sans trop rentrer dans les détails, chaque aberration s'explique de façon mathématique et provoque une déformation de l'image qui lui est propre. Par exemple pour l'aberration sphérique, on obtient une tâche car la focalisation de tous les rayons ne se fait pas en un seul point :

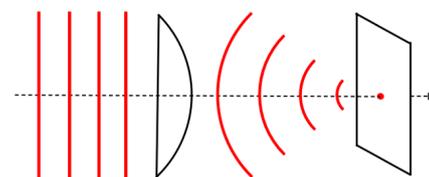


Système parfait

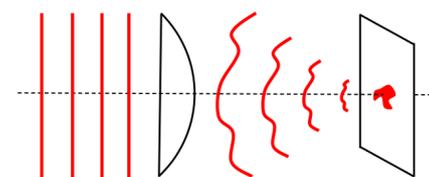
Système aberrant

En optique ondulatoire, les aberrations se manifestent comme une variation du front d'onde, plus précisément un « écart au front d'onde ». Vous n'êtes pas sans savoir

qu'un objet ponctuel à l'infini renvoie une onde plane, donc en entrée de notre télescope, le front d'onde est plan. Les différentes optiques du système par leur géométrie vont modifier ce front d'onde (qui ne sera donc plus plan) et ne convergera donc pas en un seul point. C'est de cette manière que nous définissons et calculons les aberrations.



Système parfait



Système aberrant

Il est crucial de noter que les aberrations peuvent être catégorisées en fonction de leur impact sur l'image. En effet, les aberrations ne suivent pas toutes la même progression (linéaire, quadratique, etc.).

Lors de la conception d'un système optique, l'accent est généralement mis d'abord sur la qualité de l'image sur l'axe (au centre), puis par la suite l'attention se tourne vers le champ (les bords), car quelle que soit l'aberration, son influence augmente progressivement en se déplaçant dans le champ. Dans le pire des cas, il est préférable de pouvoir ob-

Sur l'axe	Dans le champ
Aberration sphérique	Aberration sphérique Coma Astigmatisme Courbure de champ Distorsion

par ordre décroissant d'importance

server au moins le centre de l'image.

## Les télescopes

De nombreux télescopes ont été développés au cours des siècles, chacun apportant son lot d'innovations et d'améliorations tout en essayant de rendre accessible l'astronomie au plus nombreux.

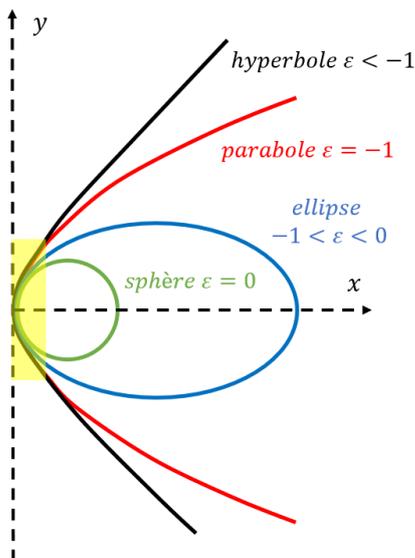


Pour rendre le propos cohérent, nous allons parler ici seulement des principaux types de télescopes qui sont utilisés de nos jours par les astronomes amateurs.

Afin de réduire les diverses aberrations, il est nécessaire d'exploiter les «degrés de liberté» du système, c'est-à-dire les variables que l'on peut modifier. Cela peut par exemple être les rayons de courbure, les épaisseurs de verre, le nombre de lentilles/miroirs, et ainsi de suite.

Nous allons discuter des télescopes réflecteurs, qui sont constitués de miroirs (et non de verre). Par conséquent, pour la plupart des télescopes que nous allons présenter, nous pouvons écarter les aberrations chromatiques. Dans la suite de cet article, le rayon rouge représente le rayon sur l'axe et le rayon vert représente le rayon dans le champ.

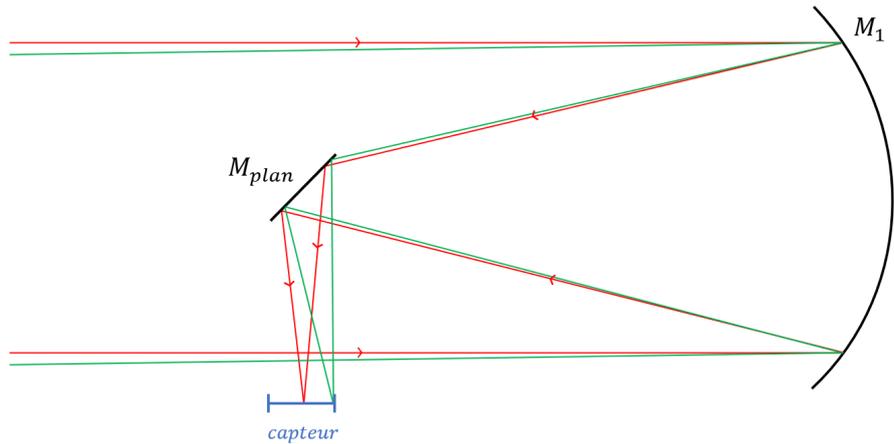
Dans ce genre de dispositif, pour une focale fixée, les paramètres que nous pouvons faire varier et nous allons le voir juste après, sont les rayons de courbure des miroirs et ce que l'on appelle le coefficient de conicité ou excentricité  $\epsilon$ .



Les mathématiciens savent sûrement déjà de quoi je parle, mais pour une explication rapide, la surface d'un miroir n'est pas plane (car peut être concave ou convexe) mais suit plutôt une courbe conique d'une certaine excentricité  $\epsilon$ . Un miroir de télescope peut être sphérique, parabolique, hyperbolique, etc...

On peut voir sur la figure ci-dessus que les miroirs prendront la forme présente dans le rectangle jaune suivant leur excentricité.

Après des calculs minutieux, il est apparu que certaines formes de miroirs peuvent permettre d'éliminer certaines aberrations pour des configurations spécifiques. Cela a été une considération majeure lors du développement des télescopes.



## Télescope de type Newton

Conçu par Isaac Newton en 1666, ce télescope est constitué d'un miroir primaire  $M_1$  concave. Et d'un second miroir  $M_{plan}$  plan qui renvoie la lumière vers le capteur ou l'oculaire pour l'observation. Reconnaisable par son plan focale image sur le côté supérieur du tube.

Le miroir  $M_{plan}$  se limite à rediriger la lumière dans une direction spécifique et n'intervient pas dans la gestion des aberrations, contrairement au miroir  $M_1$  qui est responsable des aberrations du système. Pour un télescope de type Newton, il est commun d'avoir un miroir  $M_1$  sphérique ou parabolique.

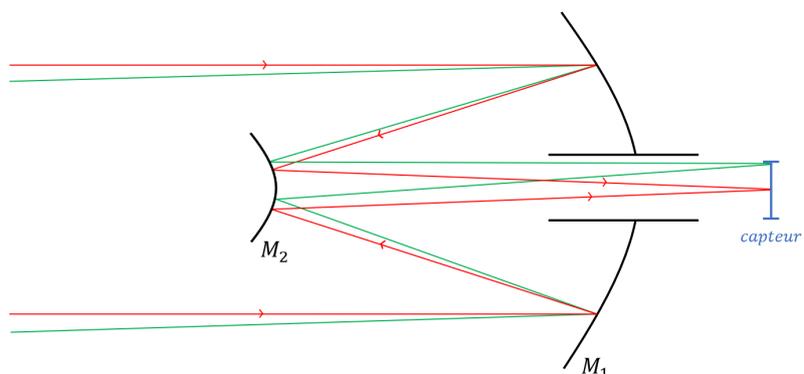
Dans le cas d'un miroir sphérique, toutes les aberrations sont présentes, avec l'aberration sphérique étant la plus problématique, limitant le diamètre utile du miroir. En effet, on peut utiliser ce type de miroir sans trop avoir de problème mais à condition d'avoir un rayon de courbure du miroir assez grand pour minimiser les effets de cette aberration de sorte que tous les rayons passent dans la tâche d'Airy (diffraction).

Le polissage d'un miroir sphérique étant moins complexe que celui d'un miroir parabolique ou hyperbolique, il est moins coûteux à produire. Ainsi, l'avantage de ce type de télescope réside dans son prix abordable, puisqu'il ne corrige pas trop les aberrations. Toutefois, il est possible d'opter pour un télescope Newtonien avec un miroir  $M_1$  permettant de supprimer complètement l'aberration sphérique, moyennant un coût légèrement plus élevé. Cette amélioration contribue à éliminer un défaut majeur dans la conception.

L'absence d'autres degrés de liberté signifie que les aberrations dans le champ continueront à limiter les performances du télescope, notamment en ce qui concerne la coma.



150/750 PDS Skywatcher



## Télescope de Cassegrain

Inventé par Laurent Cassegrain en 1672, constitue une amélioration du télescope de Gregory (dont les détails seront omis ici). Il se caractérise par l'utilisation d'un miroir  $M_1$  parabolique et d'un miroir  $M_2$  hyperbolique.



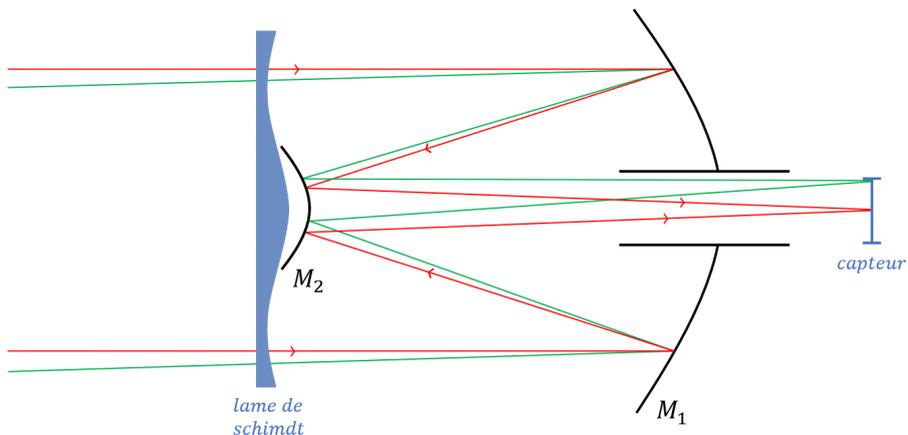
Pro CC 203/2436  
OTA Omega

Un des avantages par rapport au télescope de Newton est qu'il est beaucoup plus compact pour une focale équivalente. De plus, cette fois-ci le plan focal image est situé à l'arrière du tube. Pour finir, il est courant d'avoir un tube déflecteur au niveau du miroir  $M_1$  afin d'empêcher la lumière parasite d'atteindre directement le capteur sans passer par les miroirs.

La combinaison d'un miroir parabolique et d'un miroir hyperbolique dans le télescope Cassegrain offre tout d'abord l'avantage de minimiser l'aberration sphérique,

# Rubrique Astronomie

similairement au télescope Newton. Cependant, cette configuration se traduit par un coût plus élevé en raison de la conception des deux miroirs non sphériques. De même que le Newton, les aberrations dans le champ restent problématiques (Coma, Astigmatisme, etc...).



## Télescope Schmidt-Cassegrain

C'est une évolution du Cassegrain développé par Bernhard Schmidt en 1931. Cette conception intègre une composante appelée «lame de Schmidt» en verre, avant le miroir  $M_2$  telle que la lumière la traverse avant d'arriver sur le miroir  $M_1$ .

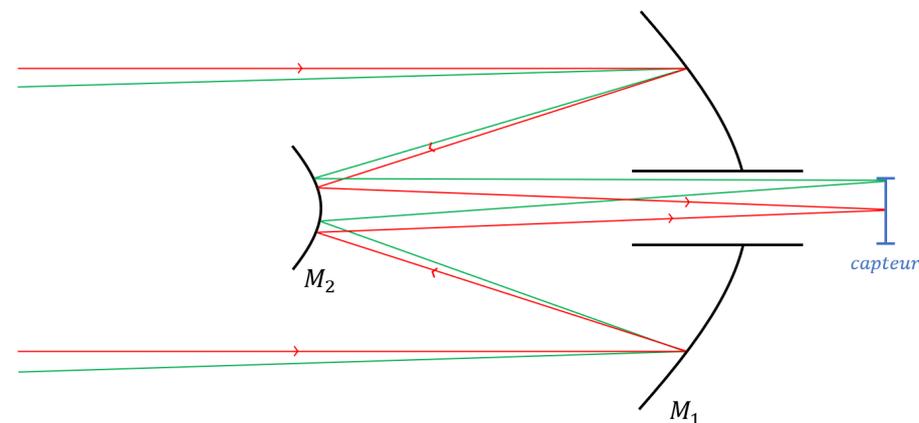
Contrairement au télescope Cassegrain classique où le miroir  $M_1$  est initialement parabolique, dans le Schmidt-Cassegrain, ce miroir est sphérique, ce qui réduit considérablement les coûts de fabrication. Pour compenser les aberrations sphériques à la place, la lame de Schmidt est spécialement taillée pour minimiser ces aberrations lorsque la lumière passe à travers.

Un inconvénient de cette configuration est l'apparition de chromatisme, car l'ajout de la lame de Schmidt introduit la traversée de verre dans le système optique, créant ainsi des aberrations chromatiques. Malgré cela, le télescope Schmidt-Cassegrain reste l'un des télescopes les plus prisés parmi les astronomes amateurs en raison de son rapport qualité/prix attractif et de son faible encombrement.



203/2032 C8 Celestron

Une variante supplémentaire, non présentée ici, est le télescope Maksoutov-Cassegrain, développé peu après en 1941, qui remplace la lame de Schmidt par un ménisque divergent (lentille) plus facile à fabriquer, réduisant ainsi encore plus les coûts tout en conservant un principe de fonctionnement similaire.



## Télescope Ritchey-Chretien

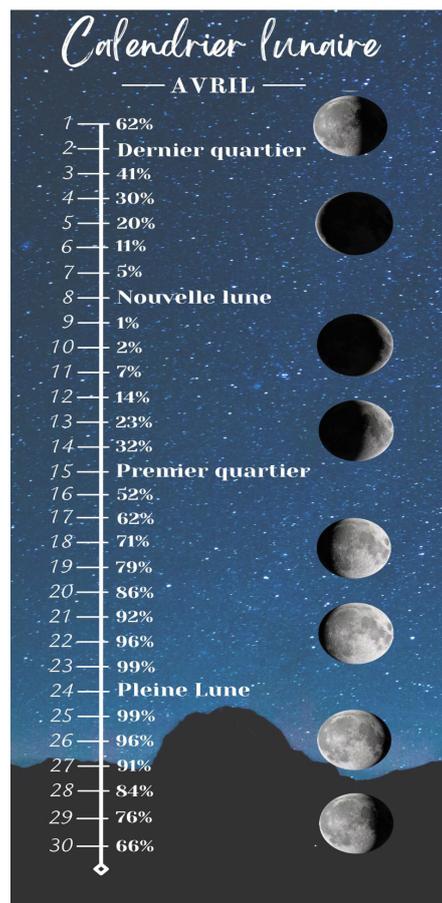
C'est de même que le Schmidt-Cassegrain, une évolution du Cassegrain développé par George Ritchey et Henri Chretien en 1910. Il se distingue par l'utilisation de deux miroirs  $M_1$  et  $M_2$  hyperboliques. L'avantage principal de ce type de télescope est sa capacité à minimiser à la fois l'aberration sphérique et la coma, offrant ainsi des images de bien meilleure qualité tant sur l'axe que dans le champ.

En possédant deux miroirs avec des courbures hyperboliques, le système dispose

de deux degrés de liberté, permettant ainsi la minimisation de deux types d'aberrations. Cependant, la fabrication de miroirs hyperboliques rend le processus très complexe, ce qui se traduit par un coût significativement plus élevé par rapport aux télescopes Cassegrain ce qui limite son adoption par les astronomes amateurs. Ce type de télescope est donc limité par l'aberration suivante, l'astigmatisme.

Il est intéressant de noter que cette logique s'étend à la conception des télescopes dans leur ensemble : plus il y a de miroirs, plus il y a de degrés de liberté, ce qui permet de minimiser davantage d'aberrations (Astigmatisme, Courbure de champ) et d'obtenir des images de meilleure qualité. C'est pourquoi certains des plus grands centres spatiaux ont conçu des télescopes avec un nombre considérable de miroirs, comme l'ELT (Extremely Large Telescope), le plus grand télescope en construction au monde, avec cinq miroirs, dont le  $M_1$  a un diamètre impressionnant de 39 mètres, soit une surface de 978 mètres carrés.

Nous avons discuté ici seulement des aspects tournant autour des aberrations, mais il est également important de noter que lors de la conception d'un système optique, de nombreuses autres contraintes entrent en jeu, telles que les aspects photométriques, la compacité, etc., qui sont tout aussi importants que la gestion des aberrations. ■



# Retour sur Mars

Revue Photo par le

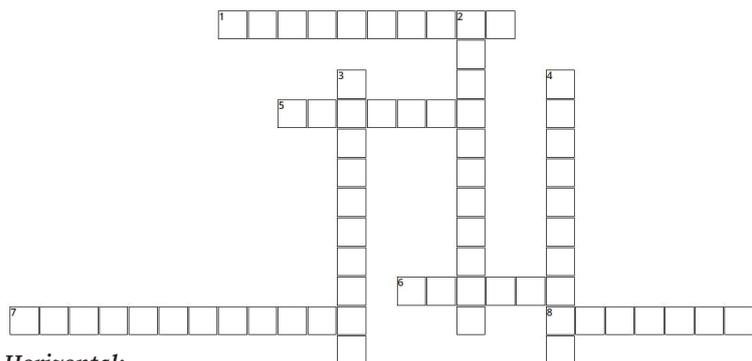
**SOAP**

Retour sur le cross solidaire



Un nouveau  
coureur

**Le jeu d'OptoServices:** c'est un mot croisé classique, faut juste deviner les mots



**Horizontal:**

- 1. Mesure de distance focale
- 5. Galilée en a une a son nom
- 6. Suit le nom de footballeur comme Neymar mais on le trouve aussi dans le nom d'assos partout en France
- 7. Une asso de supoptique (très cool sur insta)
- 8. Mot le plus courant à Supop

**Vertical:**

- 2. Rémunéré pour la réalisation d'une étude avec nous
- 3. Classiques -> Vacances | CFA -> ??
- 4. Un duo de scientifiques ayant participé à la fondation de Supop et aussi mentionnés dans la chanson de l'école

Retrouvez la solution de vos jeux préférés sur le site du Paraxial (Numéros > Numéro 20)

En espérant n'oublier personne, l'équipe du Paraxial souhaite remercier tous ses membres ainsi que toutes les personnes qui ont permis l'élaboration de ce numéro.

**Crédits :**

- **Directeur de publication :** Dorian Mendes (P26)
- **Rédactrice en chef :** Julie Guyot (P26)
- **Responsable stratégie & prospection :** Julie Guyot (P26)
- **Pôle Communication :** Julie Guyot (P26)
- **Mise en page et édition :** Dorian Mendes (P26)
- **Directeur.trice des Services Informatiques :** Julie Guyot (P26)

**Pour ce numéro en particulier :**

- **Rédaction :** Bérénice Renard (P21), Vincent Sevat (P26), le BDS, Pierre-Yves Petit (P26), Thomas Gabillet (P25), Axèle Fontaine (P26)
- **Cartoons :** Gabriel Morel (P26)
- **Jeux :** Dorian Mendes (P26)

**Remerciements :**

- **Le Bureau des Elèves de l'Institut d'Optique**
- **L'Association des Alumni de l'Institut d'Optique**
- **Opto Services, la Junior-Entreprise de l'Institut d'Optique**
- **Le Forum de la Photonique**
- **SupOptique Art Production (SOAP)**
- **Graça Martins, pour son aide à la reprographie**

Le Paraxial, 2 Av. Augustin Fresnel, 91120, Palaiseau, France

L'équipe du Paraxial espère que vous avez apprécié votre lecture. Destiné aux étudiant·e·s, chercheurs·euses, ingénieur·e·s et membres du personnel, ce mensuel ne saurait exister sans vous ! Le Paraxial vous invite donc à partager vos remarques, ressentis, suggestions ou conseils.

**Une place dans le Paraxial pour faire rayonner votre entreprise/association ? Ou des envies d'écrire, qui vous empêchent de finir vos nuits ?**

Toutes les raisons sont bonnes pour nous contacter à :

**leparaxial@institutoptique.fr**

Vous pouvez également nous retrouver sur notre site internet ou sur les réseaux sociaux :



@le\_paraxial

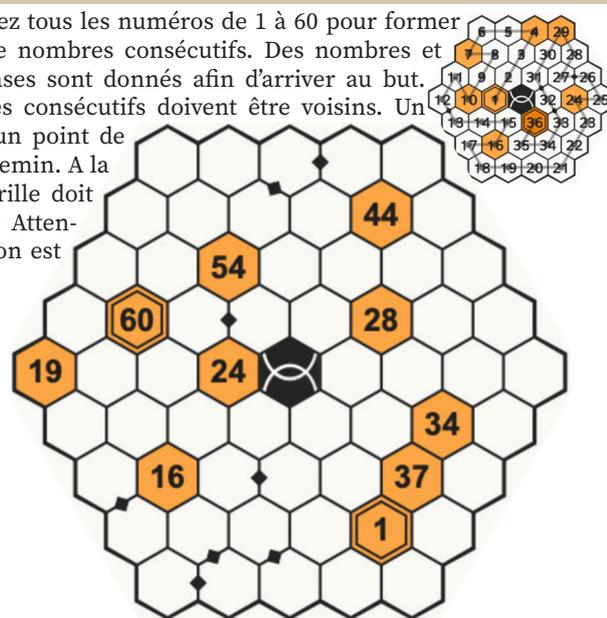


Le Paraxial



leparaxial.fr

**Rikudo :** Placez tous les numéros de 1 à 60 pour former un chemin de nombres consécutifs. Des nombres et liens entre cases sont donnés afin d'arriver au but. Deux nombres consécutifs doivent être voisins. Un lien indique un point de passage du chemin. A la fin toute la grille doit être remplie ! Attention: la solution est UNIQUE.



**Sudoku:** j'ai vraiment besoin d'expliquer les règles ?

			2	4	9		3
	7		6				
			9			1	6
	6	7	2		4	9	
1							8
	2	5			6	1	3
4	5				8		
				3			8
7		1	6	5			

