

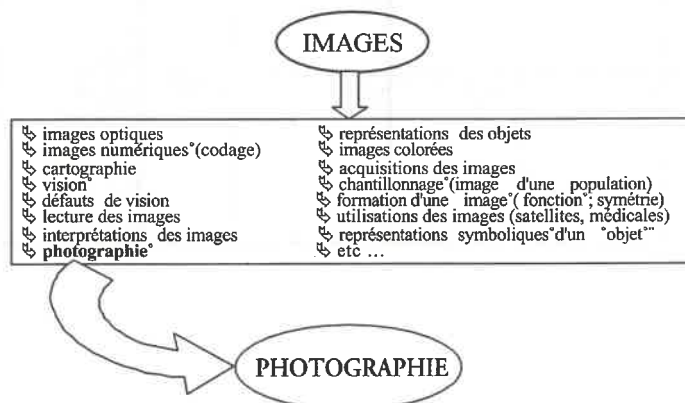
Comment expliquer les TPE aux élèves ?

Magali Herreros (sciences physiques)
Jean-Paul Bardoulat (mathématiques)^(*)

Volontaires pour encadrer ensemble les TPE en première scientifique dès la rentrée 2000, l'un de nos premiers souci était de faire comprendre à nos élèves ce que sont les Travaux Personnels Encadrés. Nous voulions, à la fois, leur apprendre à distinguer le thème d'un sujet, leur montrer comment passer de l'un à l'autre, leur faire comprendre que la qualité de la démarche est plus importante que celle de la production qui peut être d'ambition modeste, leur montrer l'apport et la complémentarité de nos disciplines, tout cela d'une manière simple, sans trop les inquiéter et dans le minimum de temps. Il nous a semblé alors que nous devions vivre nous-même ces différentes phases afin d'en mesurer les difficultés et de pouvoir mieux les décrire et les expliquer à nos élèves. Nous avons donc décidé de faire un TPE ou plutôt une simulation de TPE, puis de la présenter, à titre d'exemple.

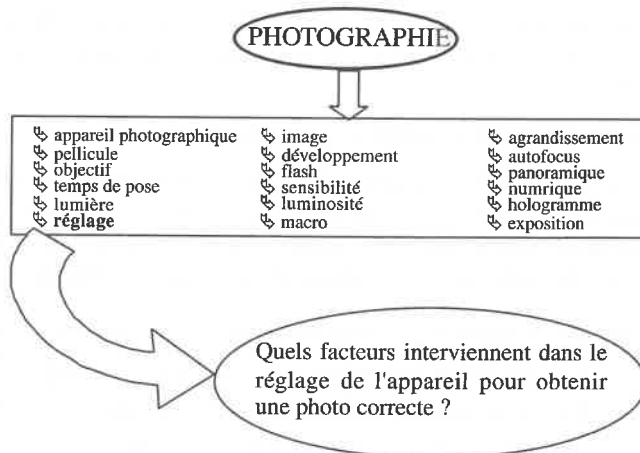
Comment passer du thème au sujet :

Le thème retenu pour la classe étant « temps, rythmes et périodes », nous avons choisi « images » pour notre simulation. Aussitôt commence une drôle d'aventure, avec l'inquiétude de ne pas aboutir. Que met-on derrière ce mot ? Qu'évoque-t-il ? Comment le lier à nos connaissances, à nos disciplines ? Diverses choses arrivent alors à l'esprit, sans ordre apparent, à travers le filtre de sa discipline, de ses intérêts, du moment... Le travail en équipe se révèle là particulièrement efficace, de l'émulation des idées au tri que l'on fait mieux ensemble que seul. Voici un aperçu des « divagations » qui nous ont amenés jusqu'au choix d'un sujet.



(*) Lycée Gabriel Fauré de Foix

Ce premier choix n'est pas encore un sujet, il est donc nécessaire de recommencer à décliner quelques idées à partir de ce sous-thème :



Notre sujet se précise ; même s'il ne s'agit pas encore d'une problématique, c'est une analyse scientifique qui commence. Nos connaissances scientifiques, notre pratique de la photo et l'exploitation de quelques documents nous ont permis de dresser la liste des divers facteurs qui interviennent dans le réglage d'une photo.

Facteurs concernant l'objet photographier	Facteurs concernant les caractéristiques ou les réglages de l'appareil
<ul style="list-style-type: none"> ⌘ l'objet immobile ou en mouvement ⌘ la distance objet-appareil photographique ⌘ L'exposition lumineuse de l'objet 	<ul style="list-style-type: none"> ⌘ l'objectif { <ul style="list-style-type: none"> - la focale de la lentille - l'ouverture du diaphragme ⌘ le temps de pose ⌘ la sensibilité de la pellicule

Cela fait beaucoup de variables, fixons donc les conditions de prises de vue (**objet, distance, luminosité**) ainsi que la **distance focale** de l'objectif et la **sensibilité de la pellicule**

Les autres paramètres étant fixés, existe-t-il un lien entre le temps de pose et l'ouverture du diaphragme ?

Ceci est une problématique, c'est notre sujet.

Comment traiter le sujet choisi :

Notre sujet, notre problématique étant choisis, il s'agit maintenant de chercher les réglages « temps de pose-ouverture du diaphragme » qui permettent d'obtenir des photos « correctes », c'est à dire des « réglages équivalents » en ce qui concerne la quantité de lumière.

Ouvertures du diaphragme et temps de pose usuels :

Sur les objectifs des appareils photos manuels, on trouve les temps de pose et les « nombres d'ouverture » utilisés. Ces derniers indiquent l'ouverture du diaphragme qui est approximativement un disque. Le nombre de valeurs proposées varie selon le type d'appareil photo, mais elles sont toujours choisies parmi celles qui sont données ci-dessous.

Temps de pose T en secondes	1/1000	1/500	1/250	1/125	1/60	1/30	1/15	1/8	1/4	1/2	1	2
--------------------------------	--------	-------	-------	-------	------	------	------	-----	-----	-----	---	---

Chaque temps de pose, sauf le premier, est approximativement le double du précédent. Pour que la quantité de lumière reste constante, si l'on double le temps de pose il faut donc diviser par deux l'aire du diaphragme, c'est-à-dire diviser par $\sqrt{2}$ son diamètre.

Nombre d'ouverture N	1.4	2	2.8	4	5,6	8	11	16	22
----------------------	-----	---	-----	---	-----	---	----	----	----

Le lien entre le nombre d'ouverture N et l'ouverture du diaphragme se trouve dans de nombreux documents : certains cours d'optique, « La photographie » de John Hedgecoe (édition prestige Solar), « Principe de la photographie » dans la chronique expérimentale du n° 497 du bulletin de l'Union Des Physiciens de juillet 1967...

$$N = \frac{f}{d}$$

où f désigne la focale de l'objectif et d le diamètre du diaphragme.

On remarque que, pour f fixé, N est inversement proportionnel à d . Plus N est grand, plus d et l'aire du diaphragme sont petits.

$$\text{Si } N' = \frac{f}{\frac{d}{\sqrt{2}}}, \text{ c'est à dire } N' = \frac{f}{d} \sqrt{2}, \text{ alors } N' = N\sqrt{2}.$$

Donc, si l'on double le temps de pose, il faut multiplier par $\sqrt{2}$ le nombre d'ouverture pour conserver la même quantité de lumière. On peut d'ailleurs remarquer que :

Nombre d'ouverture N	1.4	2	2.8	4	5,6	8	11	16	22
$N\sqrt{2}$	1,979	2,828	3,959	5,657	7,919	11,31	15,56	22,63	

Avec ces temps de pose et ces nombres d'ouverture, la règle pour obtenir des « réglages équivalents », quant à la quantité de lumière, est très simple. Ces choix ont probablement été faits pour faciliter la tâche du photographe amateur. **Lorsque l'on double le temps de pose, il faut réduire de moitié l'ouverture, c'est-à-dire prendre le nombre d'ouverture immédiatement supérieur.**

Expérimentation :

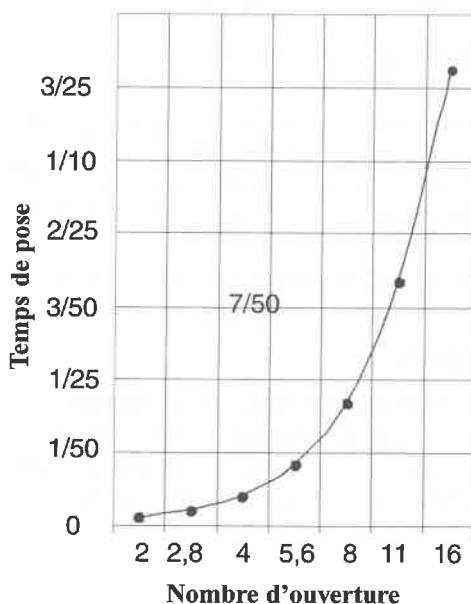
Nous avons réalisé une série de photos du château de Foix prises du même endroit, avec un même appareil à réglage manuel, avec une même pellicule, un jour de plein soleil sur une durée suffisamment courte pour que les variations de quantité de lumière soient négligeables. Nous avons ainsi fixé : la mobilité de l'objet, la distance objet-appareil, la quantité de lumière, la focale de l'objectif et la sensibilité de la pellicule. Nous avons fait les photos correspondant à toutes les combinaisons « nombre d'ouverture-temps de pose » possibles avec notre appareil, en les notant soigneusement. Les photos correctes relativement à la quantité de lumière ont été obtenues pour les réglages suivants :

Nombre d'ouverture N	5,6	8	11
Temps de pose T en s	1/125	1/60	1/30

Exploitation des résultats :

À partir de ces résultats expérimentaux et en appliquant la règle des « réglages équivalents », on obtient :

Nombre d'ouverture N	2	2,8	4	5,6	8	11	16	22
Temps de pose T en s	1/1000	1/500	1/250	1/125	1/60	1/30	1/15	1/8



Cette courbe semble être une partie de parabole passant par l'origine du repère. Pour nous en assurer calculons T/N^2 .

T/N^2	$2,5 \cdot 10^{-4}$	$2,551 \cdot 10^{-4}$	$2,5 \cdot 10^{-4}$	$2,551 \cdot 10^{-4}$	$2,604 \cdot 10^{-4}$	$2,754 \cdot 10^{-4}$	$2,604 \cdot 10^{-4}$	$2,583 \cdot 10^{-4}$
---------	---------------------	-----------------------	---------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------

T/N^2 est quasiment constant. Les légères variations proviennent des approximations sur les nombres d'ouverture et les temps de pose.

On peut donc estimer que la courbe est une partie de la parabole d'équation :

$$T = k N^2$$

avec $k \approx 2,581 \cdot 10^{-4}$.

Avec d'autres conditions de prises de vues, obtient-on une relation du même type ?

* Dans « La photographie », l'auteur, John Hedgecoe, propose d'autres réglages équivalents :

N	2	2.8	4	5.6	8	11	16
T	1/60	1/30	1/15	1/8	1/4	1/2	1
T/N^2	$4,167 \cdot 10^{-3}$	$4,252 \cdot 10^{-3}$	$4,167 \cdot 10^{-3}$	$3,986 \cdot 10^{-3}$	$3,906 \cdot 10^{-3}$	$4,132 \cdot 10^{-3}$	$3,906 \cdot 10^{-3}$

On constate encore que $T = k N^2$ avec $k \approx 4,074 \cdot 10^{-3}$.

* Extraits de l'Encyclopédie Encarta 97 (Microsoft), rubrique « photographie » :

N	1.4	2	2.8	4	5.6
T	1/1000	1/500	1/250	1/125	1/60
T/N^2	$5,102 \cdot 10^{-4}$	$5,000 \cdot 10^{-4}$	$5,102 \cdot 10^{-4}$	$5,000 \cdot 10^{-4}$	$5,314 \cdot 10^{-4}$

Une fois encore $T = k N^2$ avec $k \approx 5,104 \cdot 10^{-4}$.

* Dans « Principe de la photographie », on trouve :

N	1.4	2	2.8	4	5.6	8	11
T	1/500	1/250	1/125	1/60	1/30	1/15	1/8
T/N^2	$1,020 \cdot 10^{-3}$	$1.10 \cdot 10^{-3}$	$1,020 \cdot 10^{-3}$	$1,042 \cdot 10^{-3}$	$1,063 \cdot 10^{-3}$	$1,042 \cdot 10^{-3}$	$1,033 \cdot 10^{-3}$

À nouveau $T = k N^2$ avec $k \approx 1,03 \cdot 10^{-4}$.

* Enfin dans « Principe de la photographie », on trouve page 63 la confirmation que T varie bien en fonction du carré de N, lorsque les autres facteurs sont fixés.

Réglage de l'appareil photo

La réussite d'une bonne photographie, indépendamment de l'aspect purement optique du problème qui réside dans la bonne mise au point (image nette ou floue), se situe dans les considérations chimiques de la bonne impression de la plaque sensible (négatif convenablement, ou sur, ou sous-exposé).

Les quatre grandeurs mesurables qui président à cette bonne exposition sont :

- La luminance du sujet B
- Le temps de pose T
- Le nombre d'ouverture du diaphragme N
- La sensibilité du film S

Ces quatre paramètres sont dépendants et l'on peut admettre qu'ils sont liés par une formule du type :

$$BT = C \frac{N^2}{S}$$

où C est une constante fonction des unités employées.

Documents utilisés :

- Article page 16 du livre : « La photographie ». Auteur : John Hedgecoe. Édition prestige SOLAR.
- Encyclopédie ENCARTA 97 (Microsoft), rubrique « photographie ».
- Bulletin de l'Union des Physiciens du 07/67. Article page 23 : « Chronique expérimentale : Principe de l'appareil photographique ».
- Boîte de pellicule photographique.

Ce qui relève plus particulièrement des sciences physiques dans cette étude:

- Notion de focale, de nombre d'ouverture.
- Notion de quantité de lumière.
- Vitesse d'obturation.

Ce qui relève plus particulièrement des mathématiques dans cette étude :

- Agrandissement et réduction d'une longueur, d'une aire.
- Proportionnalité.
- Fonctions du type $x \rightarrow kx^2$.

Ce qui relève des deux disciplines :

- Isoler deux paramètres, fixer les autres, puis étudier comment ils sont liés.

PROBLÈME

(extrait de la revue « Réciproques », Bulletin de l'Académie de Bordeaux,
coordonné par Xavier Sorbe, IPR-IA)

Un triangle équilatéral peut-il avoir ses trois sommets en des nœuds d'un quadrillage carré ?

(solution, p. 110)