

---

---

BUP PRATIQUE – BUP PRATIQUE – BUP PRATIQUE – BUP PRATIQUE

---

---

## Étude de la réflexion et de la réfraction

### *Initiation à l'utilisation d'un tableur*

par Daniel BIBOUD  
Lycée Marie Curie - 38130 Échirolles

---

#### RÉSUMÉ

*Les ordinateurs ou les calculettes offrent avec leurs logiciels des possibilités de calculs rapides et variés. Ils permettent aux scientifiques de consacrer plus de temps à l'interprétation des phénomènes.*

*Cet article propose l'utilisation du tableur Excel<sup>®</sup> pour la recherche des modèles pour les lois de la réflexion et de la réfraction au niveau de la classe de seconde.*

#### INTRODUCTION

Plus tôt les élèves possèdent cet outil et plus vite nous pouvons leur proposer des travaux pratiques avec des questions ouvertes et les rendre plus actifs et plus créatifs. L'article de M. WINTHER : «*Les lois de la réfraction*» (BUP n° 789, décembre 1996) m'a guidé pour ce travail.

#### 1. MESURES

Les mesures ont été obtenues par un groupe d'élèves avec du matériel, qui ne permet pas des mesures précises, ce qui peut poser des problèmes dans l'estimation de confiance en fin de travail. Je passe rapidement sur la collecte des mesures de  $i_1$  angle d'incidence,  $i'_1$  angle de réflexion,  $i_2$  angle de réfraction.

#### 2. EXPLOITATION DES MESURES AVEC UN TABLEUR

##### 2.1. Relation entre $i'_1$ et $i_1$

Dans cette partie les élèves sont guidés pour qu'ils découvrent, utilisent et prennent en main une partie du logiciel des régressions : linéaire, de puissance, polynomiale, exponentielle, logarithmique et les différentes fonctions mathématiques. Les

élèves entrent les valeurs de  $i'_1$  et  $i_1$  dans le tableau tracent  $i'_1 = f(i_1)$  (figure 1) avec le protocole donné en annexe. La relation  $i'_1 = i_1$  est donc trouvée.

$i_2$ (°)	6	12,5	18,5	26	31	36	39	41,5
$i_1$ (°)	10	20	30	40	50	60	70	80
$i'_1$ (°)	10	20	30	40,5	49	60	69	80
$i_2$ (rad)	0,105	0,218	0,323	0,454	0,541	0,628	0,681	0,724
$i_1$ (rad)	0,175	0,349	0,524	0,698	0,873	1,047	1,222	1,396
$\sin i_2$	0,105	0,216	0,317	0,438	0,515	0,588	0,629	0,663
$\sin i_1$	0,174	0,342	0,500	0,643	0,766	0,866	0,940	0,985

Tableau 1

$$y = 0,9923x + 0,1607$$

$$R^2 = 0,9996$$

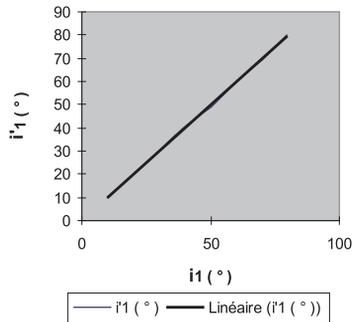
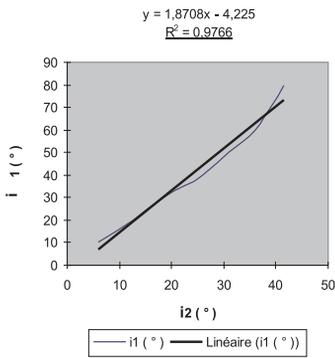
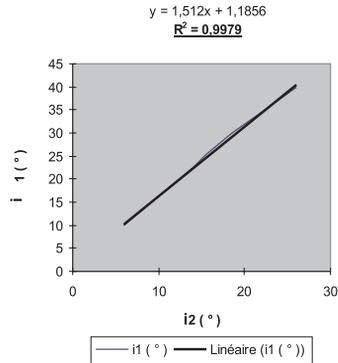


Figure 1 :  $i'_1 = f(i_1)$ .

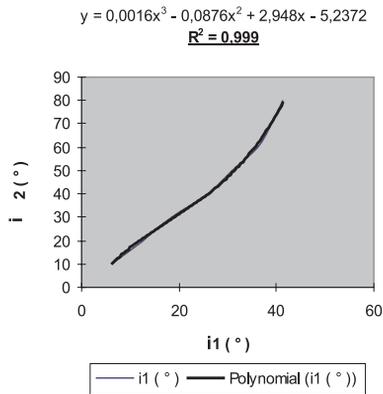
## 2.2. Relation entre $i_1$ et $i_2$

### a - Passage d'un milieu moins réfringent vers un milieu plus réfringent

Dans un premier temps, les élèves seuls doivent retrouver la loi. Très naturellement par imitation ils retrouvent la loi de Képler  $i_1 = \alpha \cdot i_2$  (figures 2 et 3) qui n'est satisfaisante que pour les petits angles. Nous pouvons leur demander la limite de validité de cette loi.

Figure 2 :  $i_1 = f(i_2)$ .Figure 3 :  $i_1 = f(i_2)$ .

Nous pouvons les inviter à tracer  $i_1 = f(i_2)$  (figure 4) avec le protocole donné en annexe.

Figure 4 :  $i_1 = f(i_2)$ .

La régression polynomiale de degré 3 donne :

$$i_1 = 0,0016 i_2^3 - 0,0876 i_2^2 + 2,948 i_2 - 5,2372$$

La comparaison des valeurs des coefficients 0,0016 et 0,0876 par rapport aux valeurs des coefficients 2,948 et 5,2272 nous conduit à proposer pour modèle la fonction linéaire. Mais nous avons vu que ce n'était pas satisfaisant pour les grands angles.

Nous leur proposons d'étudier la relation entre les sinus des angles d'incidence  $i_1$  et de réfraction  $i_2$ . La fonction sinus est calculée dans le logiciel sur des angles en radian. Pour éviter d'introduire une relation compliquée à taper pour les élèves, nous pouvons leur proposer plusieurs étapes :

- traduction des angles  $i_1$  et  $i_2$  de degré en radian avec dans la barre d'outils du haut de l'écran la touche **fx** puis dans le registre **mathématique trigonométrie** et dans le sous-registre **radian** à choisir dans la liste ;
- calcul de  $\sin i_1$  et de  $\sin i_2$  avec le même protocole que  $i_1$  et  $i_2$  mais avec le sous-registre **sin**.

Le graphe  $i_1 = f(i_2)$ , (figure 2) pour l'ensemble des angles a un coefficient  $R^2 = 0,9766$  inférieur à celui du graphe  $\sin i_1 = f(\sin i_2)$ , (figure 5),  $R^2 = 0,9989$  ce qui permet de conclure que  $\sin i_1 = \beta_1 \cdot \sin i_2$  avec  $\beta_1 = 1,44$ .

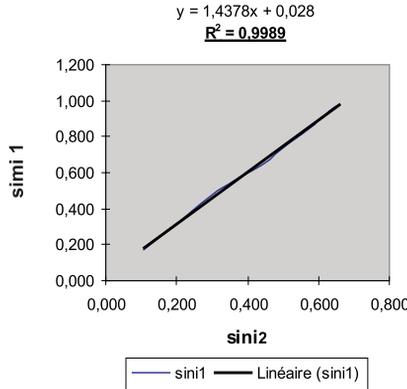


Figure 5 :  $\sin i_1 = f(\sin i_2)$ .

Inviter les élèves à comparer  $\beta_1$  à la valeur du rapport  $N_2 / N_1$  des indices de réfraction afin de conclure par la relation :  $N_1 \cdot \sin i_1 = N_2 \cdot \sin i_2$ . Faire remarquer que quel que soit la valeur de  $i_1$ , il existe une valeur de  $i_2$  telle que  $i_2 < i_{lim}$  alors que  $i'_1$  existe pour toutes les valeurs de  $i_1$ .

**b - Passage d'un milieu plus réfringent vers un milieu moins réfringent**

Cette fois les élèves font la même étude afin qu'ils prennent possession du principe de la méthode (figures 6, 7, 8, 9 et 10). Le graphe  $\sin i_1 = \beta_2 \cdot \sin i_2$  (figure 10), avec  $\beta_2 = 0,687$  montre que  $\sin i_2$  n'existe que pour des valeurs de  $i_1 < i_{lim}$  alors que  $i'_1$  existe pour toutes les valeurs de  $i_1$ . Faire comparer  $\beta_1 = 1,44$  avec  $\beta_2 = 1,45$  et conclure.

$i_2$ (°)	16	33	50	75	90
$i_1$ (°)	10	20	30	40	42
$i_1'$ (°)	11	21	30	40,5	42
$i_1$ (rad)	0,175	0,349	0,524	0,698	0,733
$i_2$ (rad)	0,279	0,576	0,873	1,309	1,571
$\sin i_2$	0,276	0,545	0,766	0,966	1,000
$\sin i_1$	0,174	0,342	0,500	0,643	0,669

Tableau 2

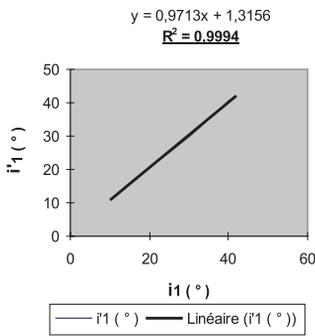


Figure 6 :  $i_1' = f(i_1)$ .

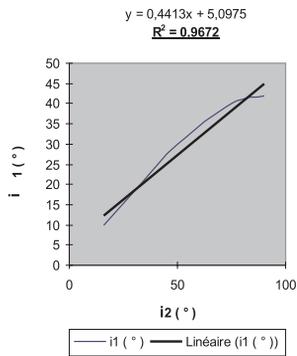


Figure 7 :  $i_2 = f(i_1)$ .

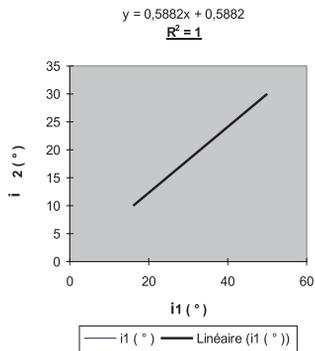


Figure 8 :  $i_1 = f(i_2)$ .

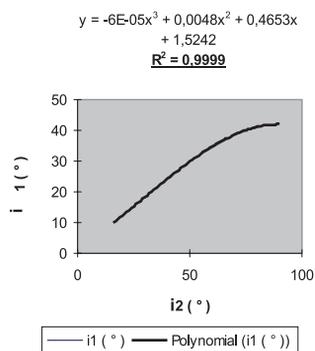


Figure 9 :  $i_1 = f(i_2)$ .

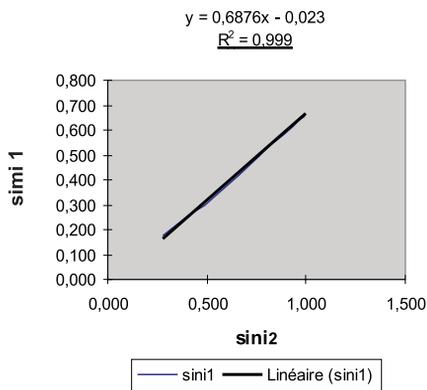


Figure 10 :  $\sin i_1 = f(\sin i_2)$ .

## CONCLUSION

Cette méthode de traitement des résultats pourra être réinvestie dans d'autres travaux pratiques et elle évite les calculs fastidieux et répétitifs qui rebutent nos élèves. Avec les nombreuses possibilités offertes par le logiciel Excel<sup>®</sup> : linéaire, logarithmique, polynomiale, puissance, exponentielle, moyenne mobile, cela laisse une grande liberté d'imagination à nos élèves sans conséquence sur la lourdeur des calculs qu'ils doivent effectuer pour vérifier leurs hypothèses. Les calculs étant immédiats, ils peuvent passer du temps pour interpréter et exploiter les résultats.

## *Annexe*

### *Tracé et étude d'un graphe*

---

- Sélectionner les résultats sur deux lignes ou colonnes selon l'organisation du tableau de valeurs. Si les deux lignes ou colonnes ne sont pas consécutives, sélectionner la première puis avec la touche ctrl appuyée sélectionner la deuxième.
- Dans la barre d'outils du haut de l'écran sélectionner l'icône **assistant graphique**, une petite croix apparaît sur l'écran, à l'aide de la souris en cliquant à gauche délimiter un espace pour inclure le graphe.
- Dans la page **assistant graphique étape 1 sur 5** la plage des valeurs sélectionnées apparaît sur fond noir. Cliquer sur **suivant**.
- Dans la page **assistant graphique étape 2 sur 5** choisir la représentation **nuage de points**. Cliquer sur **suivant**.
- Dans la page **assistant graphique étape 3 sur 5** choisir la représentation **6**. Cliquer sur **suivant**.
- Dans la page **assistant graphique étape 4 sur 5** apparaît :
  - Série de données en  ligne
  - Utiliser les  premières lignes pour les données de l'axe des catégories (X).
  - Utiliser les  premières colonnes pour le texte de la légende.
  - Il apparaît sur l'écran la courbe  $i_1 = f(i_2)$  par exemple. Cliquer sur **suivant**.
- Dans la page suivante apparaît :
  - Ajouter une légende  oui
  - Titre du graphique : (écrire)  $i_1 = f(i_2)$
  - Titre de l'axe
    - catégorie [X] (écrire)  $i_2$  (°)
    - valeurs [Y] (écrire)  $i_1$  (°)
- Cliquer sur **fin**.
- Placer la flèche sur le graphique à étudier et cliquer deux fois sur la souris à gauche pour activer la représentation, placer la flèche sur la courbe et cliquer à gauche sur la souris, des points apparaissent sur la courbe. Dans la barre d'outils du haut de l'écran cliquer sur l'icône **insertion** puis dans la fenêtre qui apparaît sur **courbe de tendance**,

une nouvelle fenêtre apparaît, choisir parmi les propositions : linéaire, logarithmique, polynomial ordre (à choisir), puissance, exponentiel, moyenne mobile.

– Dans la barre d'outils du haut de l'écran cliquer sur l'icône **insertion** puis dans la fenêtre qui apparaît sur **courbe de tendance** une nouvelle fenêtre apparaît, cliquer sur **option**, dans la fenêtre qui apparaît cliquer sur les deux dernières lignes pour placer des croix en début des deux lignes. En fin cliquer sur **OK**. L'équation et le coefficient  $R^2$  apparaissent.