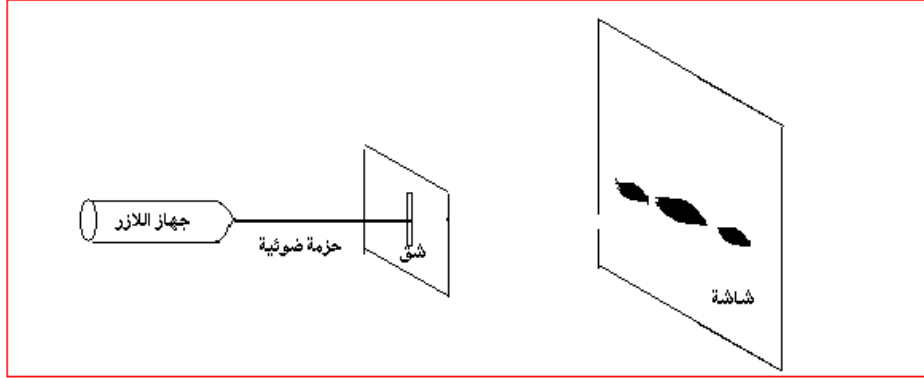


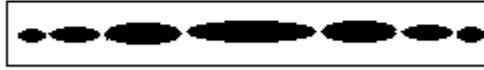
## انتشار موجة ضوئية Propagation d'une onde lumineuse

### I - إبراز التجريبي لظاهرة حيود الضوء 1 - تجربة

ننجز التركيب التجريبي جانبه حيث :  
- الحزمة الضوئية المنبعثة من جهاز الليزر تقع في وسط الورق الميليمتري .  
- نضع صفيحة بها شق عرضه  $a$  على مسافة  $D=1,77m$  من الشاشة ، فنشاهد على هذه الأخيرة الشكل أ .



الشكل ب



الشكل أ



- نعوض الصفيحة بأخرى شقها عرضه  $a/2$  فتحصل على الشكل ب  
- نحفظ بنفس المسافة  $D=1,77m$  ونستعمل صفائح شقوقها مختلفة العرض  $a$  . نقيس بالنسبة لكل صفيحة العرض  $L$  للبقع المركزية المشاهدة على الشاشة .  
ندون في جدول قيم كل من  $a$  و  $L$  . فنحصل على الجدول التالي :

$a(\mu m)$	380	250	110	90	50
$L(mm)$	5,5	8,5	2,0	2,5	3,0

استثمار

1

الماء

ظاهرة حيود الموجات الميكانيكية تحدث عندما

من طول الموجة الميكانيكية .

نفس الشيء بالنفس للضوء فعند وصوله إلى حاجز ذي فتحة عرضها  $a$  صغير جدا يتغير اتجاه انتشار الأشعة الضوئية .

2 - ذكر بالمبدأ المستقيمي للضوء . هل يتحقق هذا المبدأ خلال هذه التجربة ؟

ينتشر الضوء في أوساط شفافة ومتجانسة وفق خطوط مستقيمية .

عند وصول الضوء إلى الحاجز ذي الفتحة يتغير اتجاه انتشاره وبالتالي فإن مبدأ انتشار الضوء لا يتحقق . لت هذه الأشعة الضوئية يمكنها أن تصل إلى أماكن توجد وراء الحاجز . نقول أن الضوء خضع لظاهرة الحيود عند حدوث

، وتقل شدة إضاءتها كلما ابتعدنا عن المركز ويتصرف هنا الشق كمنبع ضوئي وهمي ، 3 - ماذا يمكن استخلاصه فيما يخص طبيعة الضوء ؟

مبدأ الإنتشار المستقيمي للضوء لا يمكن من تفسير وصول الضوء لأما وبالمماثلة مع الموجات الميكانيكية نعتبر الضوء موجة .

**خلاصة :**

كما هو الشأن بالنسبة لحيود موجة ميكانيكية مستقيمة على سطح الماء في حوض الموجات ، يتم حيود الضوء ، بواسطة فتحات صغيرة : ثقب أو شق رأسي أو سجاج voilage والتي يمكن اعتبارها منابع ضوئية وهمية ، الشيء الذي يثبت الفرضية التالية :

**إن الضوء عبارة عن موجات متوالية . ويسمى هذا المظهر الموجي للضوء .**

ولقد توصل العالم هويكنس Huygens إلى هذه الفرضية في منتصف القرن السابع عشر الميلادي و ثم إثباتها تجريبيا في بداية القرن التاسع عشر الميلادي من طرف العالم يونغ Young

**4 - تحديد طول الموجة لموجة ضوئية منبعثة من جهاز اللازر .**

- يرمز للفرق الزاوي بين وسط البقعة المركزية وأول بقعة مظلمة بالحرف  $\theta$  .

4 - 1 بالنسبة لفرق زاوي صغير ، يمكن كتابة العلاقة  $\tan\theta = \theta$  ، حيث يعبر عن  $\theta$  بالرديان .

$$\theta = \frac{L}{2D}$$

نعبر عن الفرق الزاوي  $\theta$  بالرديان بين وسط الهذب المركزي وأول هذب مظلم

من خلال الشكل لدينا :

$$\tan \theta = \frac{\sin \theta}{\cos \theta} = \frac{L}{2D}$$

باعتبار أن  $\theta$  صغيرة جدا فإن

$$\tan \theta \approx \theta = \frac{L}{2D}$$

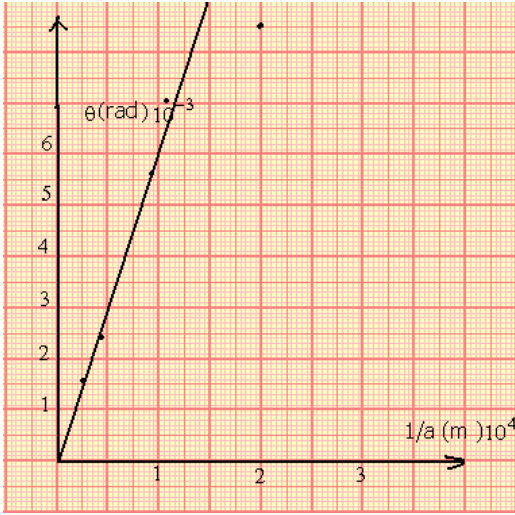
4 - 2 مثل المنحنى الممثل لتغيرات  $\theta$  بدلالة  $\frac{1}{a}$

a( $\mu\text{m}$ )	380	250	110	90	50
L(m)	$5,5 \cdot 10^{-3}$	$8,5 \cdot 10^{-3}$	$2,0 \cdot 10^{-2}$	$2,5 \cdot 10^{-2}$	$3,0 \cdot 10^{-2}$
1/a( $\text{m}^{-1}$ )	$2,6 \cdot 10^3$	$4,0 \cdot 10^3$	$9,1 \cdot 10^3$	$1,1 \cdot 10^4$	$2,0 \cdot 10^4$
$\theta(\text{rad})$	$1,55 \cdot 10^{-3}$	$2,40 \cdot 10^{-3}$	$0,56 \cdot 10^{-2}$	$0,71 \cdot 10^{-2}$	$0,85 \cdot 10^{-2}$

التمثيل المبياني باختيار السلم التالي :

بالنسبة ل  $1/a$  نختار :  $1\text{cm} \leftrightarrow 0,5 \cdot 10^4 \text{m}^{-1}$

بالنسبة ل  $\theta$  نختار :  $1\text{cm} \leftrightarrow 1 \cdot 10^{-3} \text{rad}$



3 - 4 أستنتج العلاقة الرياضية بين  $\theta$  و  $(1/a)$  . ما هو المدلول الفيزيائي للمعامل الموجه للمنحنى المحصل عليه ؟

$\theta = k \cdot \frac{1}{a}$  و من خلال التحليل البعدي لهذه العلاقة يتبين

أن الثابتة  $k$  تمثل طول الموجة لأن وحدتها في المعادلة

هي المتر . وبالتالي فالعلاقة بين  $\theta$  و  $(1/a)$  هي :  $\theta = \frac{\lambda}{a}$

5 - ما تأثير عرض الشق  $a$  على العرض  $L$  للبقعة المركزية ؟

## II - الموجات الضوئية

### 1 - انتشار الموجات الضوئية

الضوء الطبيعي المنبعث من الشمس يحتاج لوسط مادي لانتشاره خلافا للموجات الميكانيكية .

**تنتشر الموجات الضوئية في الفراغ .**

في سنة 1821 نشر فرينل Fresnel فرصيته بالنسبة للاهتزازات الضوئية باعتبارها موجات مستعرضة أي أنها متعامدة مع اتجاه انتشارها . بحيث أن هذه الإشارة هي عبارة عن مجال كهربائي مقرون بمجال مغناطيسي لذا نسميها بالموجات الكهرمغناطيسية .

**الموجات الضوئية موجات كهرمغناطيسية .**

**تنتشر في الفراغ بسرعة  $c \approx 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$  .**

**سرعة انتشار الضوء في الفراغ هي ثابتة عالمية قيمتها  $c = 299\,792\,458 \text{ m/s}$**

**في وسط مادي شفاف سرعة الضوء أصغر من سرعته في الفراغ . في الهواء**

**تقارب سرعته في الفراغ .**

**- تحمل الموجات الضوئية طاقة تسمى طاقة الإشعاع .**

### 2 - العلاقة بين طول الموجة الضوئية والتردد

تتميز موجة ضوئية أحادية اللون بترددها  $\nu$  ، نعبّر عنه بالهرتز (Hz) أو بالدور  $T = \frac{1}{\nu}$  نعبّر عنها

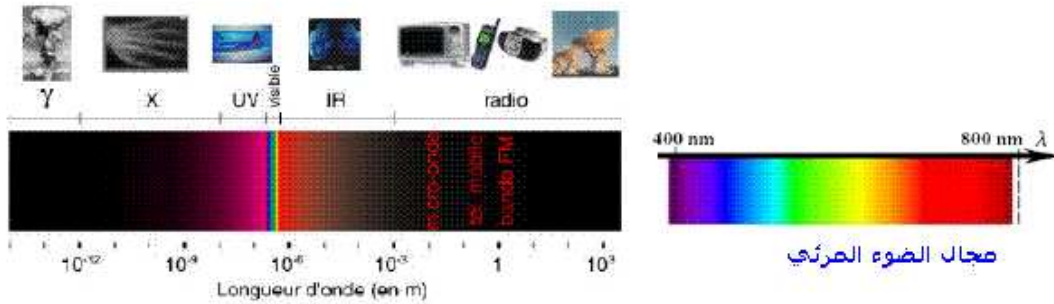
بالثانية  $s$  .

- تردد موجة ضوئية هي نفسها في جميع الأوساط الشفافة .
- طول الموجة  $\lambda$  في الفراغ يمثل الدورية المكانية و  $T$  تعبر عن الدورية الزمنية . هذان المقداران مرتبطان بالعلاقة التالية :

$$\lambda = c \cdot T$$

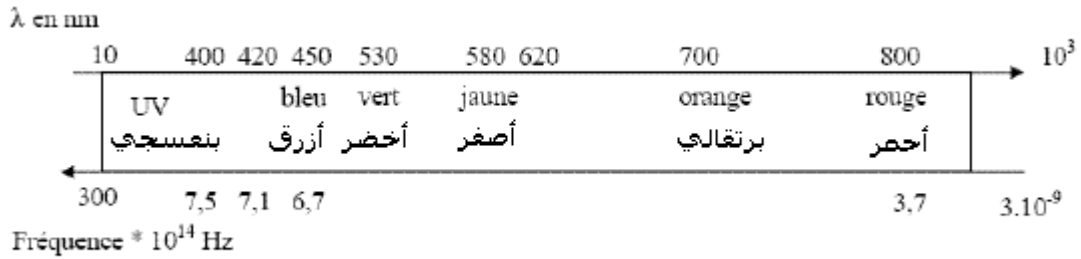
نعبّر عن  $\lambda$  بالمتر (m) و عن  $c$  ب (m/s) و  $\nu$  ب الثانية (s) .

يبين الجدول التالي مجال الترددات وطول الموجة للموجات الضوئية في الفراغ :



Domaine de différentes radiations en fonction de leurs longueurs d'onde

مجال مختلف الاشعاعات بدلالة طول الموجات



### III - تبعد الضوء La dispersion de la lumière

#### 3 - 1 سرعة الانتشار ومعامل الانكسار n

تعريف : معامل انكسار وسط شفاف هو النسبة بين سرعة الانتشار c للضوء في الفراغ وسرعة انتشاره v في هذا الوسط الشفاف .

$$n = \frac{c}{v}$$

معامل الانكسار ليست له وحدة .

في الهواء كل الإشعاعات تنتشر بسرعة v تقارب c وبالتالي فمعامل انكسار الهواء يقارب 1 :  $n_{\text{air}} = 1,00$

في الماء ، تساوي سرعة الضوء تقريبا  $2,3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$  أي أن معامل الانكسار الماء هو :  $n_{\text{eau}} = 1,3$

#### 3 - 2 معامل الانكسار وطول الموجة

طول الموجة λ لإشعاع تردد v هو :  $\lambda_{\text{vide}} = c \cdot T = \frac{c}{v}$

في وسط شفاف مبدد معامل انكساره  $n = \frac{c}{v}$  ، الإشعاع ذي التردد v طول موجته λ نعبر عنها بالعلاقة التالية :

$$\lambda = v \cdot T = \frac{c}{n \cdot v}$$

$$\lambda = \frac{\lambda_{\text{vide}}}{n} \Rightarrow n = \frac{\lambda_{\text{vide}}}{\lambda}$$

#### 3 - 3 تبعد الضوء بواسطة موشور

تعريف بالموشور :

الموشور وسط شفاف محدود بوجهين مستويين غير متوازيين ، يتقاطعان حسب مستقيم يسمى حرف الموشور

- مستوى المقطع الرأسي هو المستوى المتعامد مع الحرف
- قاعدة الموشور هي الوجه المقابل للحرف

- زاوية الموشور هي الزاوية A المقابلة للقاعدة .

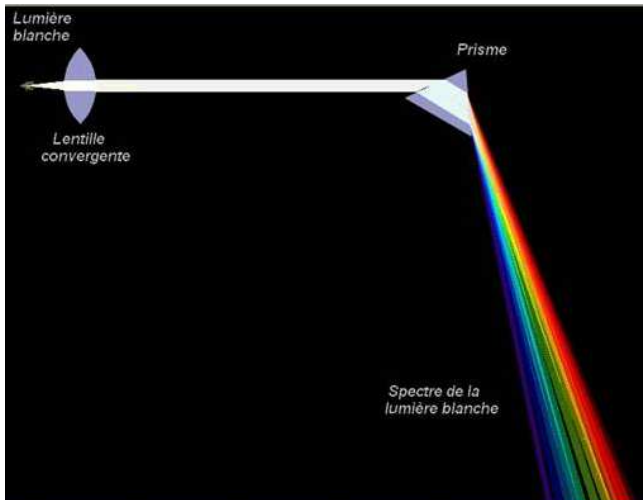
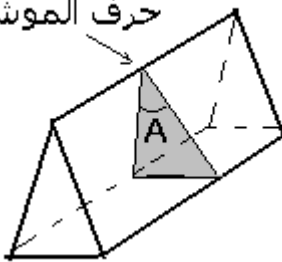
تجربة : تحليل الضوء الأبيض أنظر هذا الرابط بالإنترنت

[http://www.up.univ-](http://www.up.univ-mrs.fr/~laugierj/CabriJava/0pjava60.html)

[mrs.fr/~laugierj/CabriJava/0pjava60.html](http://www.up.univ-mrs.fr/~laugierj/CabriJava/0pjava60.html)

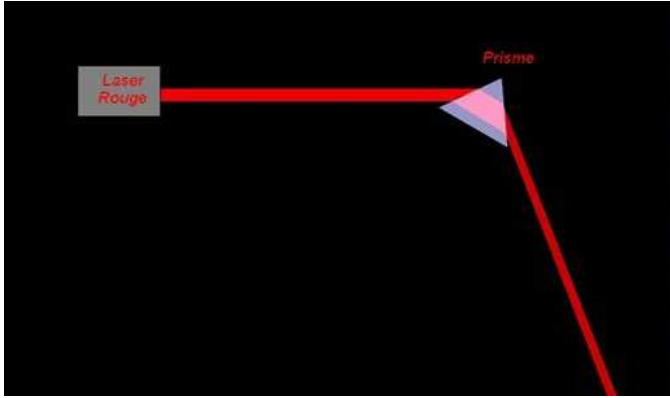
نضع أمام منبع ضوئي (S) ، حجابا به شق رفيع جدا ونحقق بواسطة عدسة رقيقة مجمعة ،

حرف الموشور



على شاشة E ، صورة الشق ، ثم نضع بين العدسة والشاشة ، موشورا من زجاج شفاف .  
ملاحظات :

- انحراف الحزمة الضوئية بسبب وجود الموشور الأولى عند دخولها الموشور والثانية عند خروجها منه .
- نلاحظ على الشاشة E بقعة ضوئية ملونة وهذه الألوان مشابهة لألوان قوس قزح ، تسمى هذه البقعة الضوئية الملونة بـ **طيف الضوء الأبيض**
- عند استعمال ضوء أحادي اللون ( الأحمر ) نلاحظ على الشاشة طيف ضوئي يضم حزمة واحدة
- يعطي الضوء الأبيض طيف ضوئي مستمر
- الزجاج وسط مبدد للضوء حيث معامل الانكسار يتعلق بتردد الاشعاعات الضوئية



التحليل

أ - انحراف الضوء الأحادي اللون :

يرد شعاع ضوئي أحادي اللون ينتمي إلى المقطع الرأسي على وجه الموشور .  
1 - ما هي الظاهرة التي تحدث عند دخوله الموشور ، ثم عند خروجه منه ؟

**- تحدث ظاهرة الانكسار مرتين : عند دخوله في النقطة I ، ثم عند خروجه في النقطة I' .**

2 - حدد على الشكل زاوية الانحراف D بين الشعاع الوارد على الموشور والشعاع المنبعث

عند خروجه I'R منه :  $D = (\overline{SI}, \overline{I'R})$

**- الشعاعان SI و I'R ليس لهما نفس الاتجاه وبالتالي فغن الموشور قد غير اتجاه الضوء الأحادي اللون / تسمى هذه الظاهرة انحراف الضوء بواسطة موشور .**  
**تعريف :** زاوية الانحراف D هي الزاوية التي يكونها اتجاه الشعاع الوارد SI مع اتجاه

الشعاع المنبعث I'R أي  $D = (\overline{SI}, \overline{I'R})$

3 - أوجد هندسيا وتطبيق قوانين ديكارت للانكسار صيغ الموشور .

**حسب قوانين ديكارت للإنكسار لدينا :**

$$\sin i = n \sin r$$

$$n \sin r' = \sin i'$$

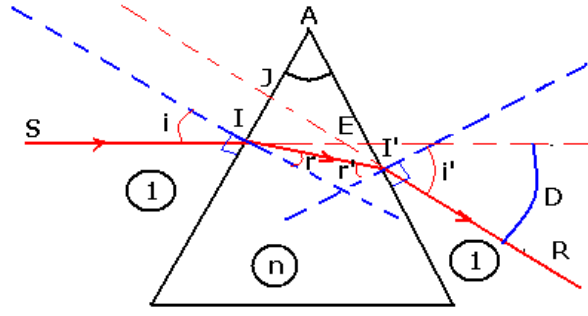
هندسيا لدينا : حسب المثلث AII'

$$\widehat{A} + \left(\frac{\pi}{2} - r\right) + \left(\frac{\pi}{2} - r'\right) = \pi \Rightarrow \widehat{A} = r + r'$$

**نأخذ زاويا المثلث IJE و AJI'**

$$\widehat{A} + \left(\frac{\pi}{2} - i'\right) + \left(\pi - \frac{\pi}{2} - i + D\right) = \pi \Rightarrow \widehat{A} - i' - i + D = 0$$

$$D = i + i' - \widehat{A}$$



أنظر الربط بالأنترنت التالي :

<http://perso.orange.fr/guy.chaumeton/animations/2dprisme1.htm>

3 - 4 ظاهرة تبعد الضوء

نرسل حزمة رقيقة من الضوء الأبيض على موشور كما هو ممثل في الشكل ونعتبر العلاقة :

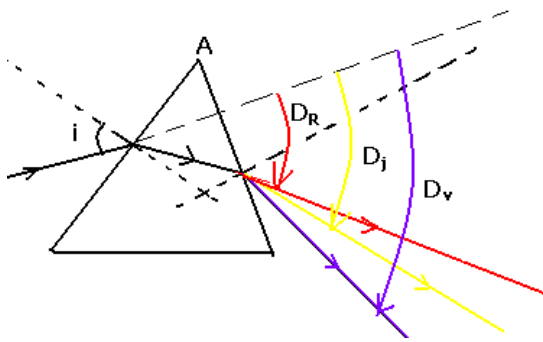
$$D = i + i' - A$$

نلاحظ :

بالنسبة للإشعاعات التي تكون الضوء الأبيض أن كلا من الزاويتين  $i$  و  $A$  لهما نفس القيمة ، بينما قيمتا الزاويتين  $i'$  و  $D$  مرتبطتان بقيمة معامل الانكسار  $n$  أي طول موجة الإشعاع أي لون هذا الأخير .

$$\sin i = n \sin r$$

$$n \sin r' = \sin i'$$



مما يبين أن معامل انكسار زجاج الموشور يتعلق بتردد الموجات الضوئية وبما أن  $n = \frac{C}{V}$

فإن سرعة انتشار الموجات تتعلق كذلك بتردد الموجات وهذا يبين أن زجاج الموشور مبدد للضوء

بالنسبة لمنحى الانحراف  $D$  ، فإنه يكبر من اللون الأحمر إلى اللون البنفسجي أي الضوء الأحمر أقل انحرافا بينما الضوء البنفسجي أكثر انحرافا .  $D_V > D_J > D_R$

**خلاصة :**

يتعلق معامل انكسار وسط شفاف بتردد إشعاعات الضوئية ، وهذا ما يسبب ظاهرة تبعد الضوء ملحوظة :

تتميز الموجة الضوئية بطول موجتها لكون أن طول الموجة يتغير عندما تنتقل من وسط إلى آخر  $n = \frac{\lambda_0}{\lambda}$  ( طول الموجة الضوئية يتعلق بمعامل الانكسار ) بينما ، التردد يبقى هو نفسه . فالذي

يتغير من وسط إلى آخر هو سرعة انتشار الضوء

$$\frac{\sin i_1}{\sin i_2} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$$

حسب قانون ديكرت للانكسار