

جامعة قاصدي مرباح ورقلة  
كلية الرياضيات و علوم المادة  
قسم الفيزياء

الرقم الترتيب:.....

رقم التسلسل:.....



مذكرة: ماستر أكاديمي

مجال: علوم المادة

فرع: فيزياء

تخصص: فيزياء إشعاعات، كاشف وبصريات إلكترونية

من إعداد: عيادي عائشة

الموضوع

إنجاز تطبيق بلغة الـ MATLAB إستنادا على نظرية جود-أوفلت

نوقشت يوم: 2016/06/

أمام اللجنة المكونة من :

رئيسا

أستاذ محاضر ب

بن مبروك لزهري

مناقشا

أستاذ مساعد أ

مامانو عبد اللطيف

مقررا

أستاذ محاضر ب

بن طويلة عمر

2015 \ 2016

## الإهداء

أهدي هذا الجهد المتواضع:

إلى من رباني صغيرةً "والديّ العزيزين".

إلى رباحين حياتي "إخوتي الغوالي".

إلى الوجه المفعم بالبراءة أختي العزيزة "ميار".

إلى من ساعدني كثيرا أخي الغالي "أسامة".

إلى رمز انتمائي "أهلي الأعراء".

إلى من رافقتني منذ أن حملنا حقائب صغيرة صديقتي العزيزة "سمية".

إلى رفيقتي الغاليتين "زينب" و "رندة".

إلى كل "زميلاتي" في الدفعة.

إلى كل من أضاء بعلمه عقل غيره.

أو هدى بالجواب الصحيح حيرة سائليه.

فأظهر بسماحته تواضع العلماء.

وبرحابته سماحة العارفين.

## كلمة شكر

الحمد لله الذي علم بالقلم، علم الإنسان ما لم يعلم، و أفضل الصلاة و السلام على من بلغ الرسالة، و أدّى الأمانة، و نصح الأمة، سيدنا و حبيبنا محمد صلى الله عليه وسلم.

أتقدم بفائق الشكر و التقدير والإحترام إلى الأستاذ المشرف "بن طويلة عمر"، على كل ما بذله من جهد ونصح و توجيه، و حرص على تقديم البحث بصورة جيدة.

و كذا الشكر العميق للأستاذين الأستاذ "بن مبروك لزهري" و الأستاذ "مامانو عبد اللطيف" على قبولهما مناقشة هذا العمل، كما أشكر كل أساتذة و إداريي قسم الفيزياء، و كل من قدم لي يد المساعدة و العون.

عائشة عيادي

الصفحة	فهرس المحتويات:
I	إهداء
II	شكر
III	فهرس المحتويات
IV	فهرس الأشكال
V	فهرس الجداول
1	مقدمة عامة
الفصل الأول: الزجاج المطعم بالأيونات الترابية النادرة	
2	1.1. مقدمة
2	2.1. تاريخ الزجاج
3	3.1. حالات المادة:
3	4.1. تعريف الزجاج:
4	1.4.1. درجة حرارة الإنتقال الزجاجي:
5	2.4.1. خواص الزجاج
5	5.1. الأيونات الترابية النادرة
6	1.5.1. مطيافية أيونات العناصر الترابية النادرة
6	1.1.5.1. التوزيع الإلكتروني للعناصر الترابية النادرة و لأيوناتهما
7	2.1.5.1. الرموز الطيفية
8	3.1.5.1. الرموز الطيفية لأيونات العناصر الترابية النادرة
9	2.5.1. تفاعل أيونات العناصر الترابية النادرة مع الضوء
9	1.2.5.1. الآليات الإشعاعية
12	2.2.5.1. الآليات الغير إشعاعية
13	3.5.1. المردودية الكمية
14	6.1. الزجاج المطعم
14	1.6.1. التأثيرات على خصائص الإستضاءة
14	1.1.6.1. تركيز الإطفاء الذاتي
15	2.1.6.1. التفاعل مع الفونونات
15	3.1.6.1. تفاعلات أيون-أيون
15	4.1.6.1. تأثير OH-
15	7.1. التضخيم الضوئي والليزر
15	1.7.1. التضخيم الضوئي

16	2.7.I. الليزر <b>LASER</b>
17	1.2.7.I. تقنيات الضخ
17	2.2.7.I. شروط الإنبعاث الليزري
17	3.2.7.I. الريح
18	4.2.7.I. المنظومات الليزرية
18	1.4.2.7.I. نظام 3 مستويات
19	2.4.2.7.I. نظام 4 مستويات
مراجع الفصل الأول	
الفصل الثاني: نظرية جود-أوفلت Judd-Ofelt	
20	1.II. مقدمة
20	2.II. أهمية نظرية جود-أوفلت Judd-Ofelt
20	3.II. أهمية حساب الوسائط الطيفية
21	4.II. لمحة تاريخية عن نظرية جود-أوفلت Judd-Ofelt
21	5.II. نظرية جود-أوفلت Judd-Ofelt
22	6.5.II. طيف الامتصاص
22	7.II. خلاصة
مراجع الفصل الثاني	
الفصل الثالث: لمحة عن الماتلاب ومختلف مراحل الحساب	
23	1.III. مقدمة
23	2.III. نبذة عن برنامج الماتلاب الـ MATLAB
28	3.III. نبذة عن الواجهات الرسومية
29	4.III. مراحل مختلفة من الحساب
30	5.III. مخطط للبرنامج
31	6.III. خلاصة
مراجع الفصل الثالث	
الفصل الرابع: إنجاز برنامج بلغة الماتلاب إستنادا على نظرية جود-أوفلت	
32	1.IV. مقدمة
32	2.IV. إنجاز تطبيق جود-أوفلت
32	1.2.IV. مراحل إنجاز التطبيق:
32	2.2.IV. عرض التطبيق المنجز:
36	3.IV. النتائج والمناقشة:
42	4.IV. خلاصة

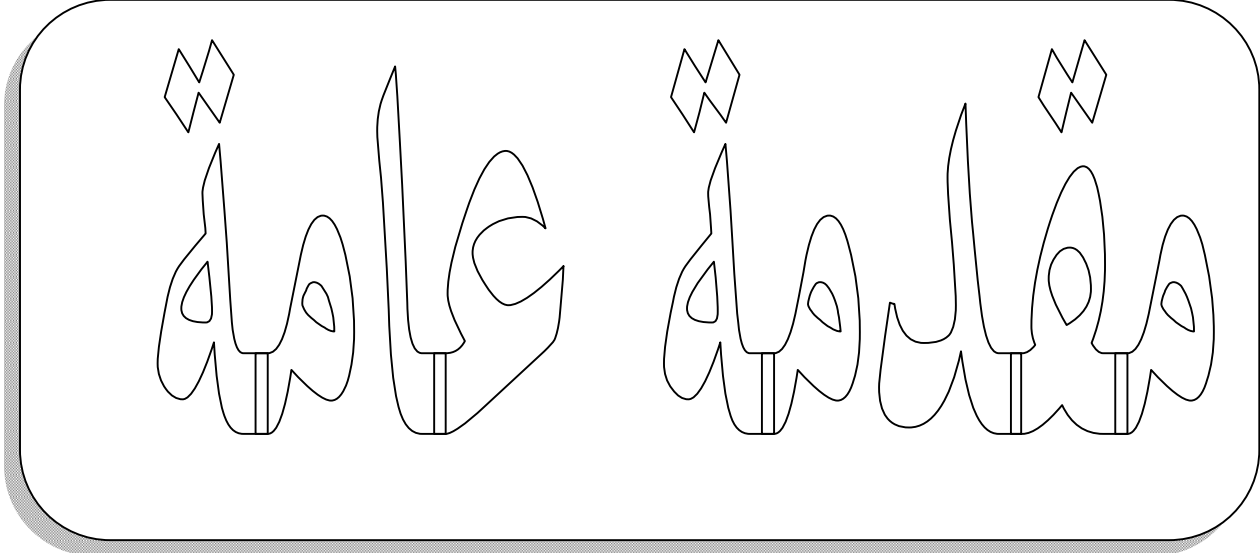
	مراجع الفصل الرابع
43	خلاصة عامة
	الملحق

الصفحة	العنوان	رقم الشكل
4	تغيرات كمية الحرارة بدلالة درجة الحرارة T ( الزجاج - البلور)	الشكل (1.I)
6	العناصر الترابية النادرة في الجدول الدوري	الشكل (2.I)
9	مبدأ الإمتصاص	الشكل (3.I)
10	مبدأ الإنبعاث	الشكل (4.I)
11	مبدأ الإنبعاث المحرض	الشكل (5.I)
13	الآليات الإشعاعية والغير إشعاعية للأيونات الترابية	الشكل (6.I)
16	رسم تخطيطي لمبدأ المضخم الضوئي	الشكل (7.I)
16	مبدأ إنتاج الليزر	الشكل (8.I)
19	نظام ذو ثلاث مستويات طاقة	الشكل (9.I)
19	نظام ذو أربعة مستويات طاقة	الشكل (10.I)
21	مخطط لنظرية جود-أوفلت	الشكل (1.II)
27	نوافذ الـ MATLAB	الشكل (1.III)
27	نافذة المنقح في الـ MATLAB.	الشكل (2.III)
28	أشرطة الأدوات والقوائم التي يوفرها الـ MATLAB	الشكل (3.III)
28	تعليمة إستدعاء الواجهة الرسومية في الـ MATLAB	الشكل (4.III)
29	أنواع الواجهات الرسومية في الـ MATLAB	الشكل (5.III)
34	واجهة رسومية تعرض عناصر التطبيق	الشكل (1.IV)
34	واجهة رسومية تعرض إدخال الثوابت	الشكل (2.IV)
35	واجهة رسومية تعرض إدخال بيانات الأيون المعطى.	الشكل (3.IV)
35	واجهة رسومية تعرض طريقة تنفيذ البرنامج	الشكل (4.IV)
36	واجهة رسومية تعرض النتائج	الشكل (5.IV)
37	طيف الامتصاص للزجاج الهالوجينو-فوسفاتي المطعم بالهوليوم ( $^{90}\text{NaPO}_3\text{-}_9\text{PbCl}_2\text{-}_1\text{HoF}_3$ )	الشكل (6-IV)
40	طيف الامتصاص للزجاج الهالوجينو-فوسفاتي المطعم بالإيريوم ( $^{90}\text{NaPO}_3\text{-}_9\text{PbCl}_2\text{-}_1\text{ErF}_3$ )	الشكل (7-IV)

## فهرس الجداول

الصفحة	العنوان	رقم الجدول
6	التوزيع الإلكتروني للعناصر الترابية النادرة	الجدول (1.I)
7	الرمز الطيفي للمستوى الأساسي للعناصر الترابية النادرة	الجدول (2.I)
35	الكتل المولية و النسبة المتوية للزجاج NPH1.	الجدول (1.IV)
36	الأطوال الموجية و التردد ومعامل الامتصاص و المقاطع الفعال للامتصاص للانتقالات لأيون الهوليوم في للزجاج.	الجدول (2.IV)
37	يوضح مقارنة لقيم قوى الاهتزاز المحسوبة مع النتائج المتحصل عليها من البرنامج.	الجدول (3.IV)
38	مقارنة بين قوى الإهتزاز التحريبية و المحسوبة بـ MATLAB و بـ FORTRAN.	الجدول (4.IV)
38	مقارنة بين الوسائط الطيفية المحسوبة بإستعمال بـ MATLAB و بـ FORTRAN	الجدول (6.IV)
39	مقارنة بين معاملات جود-أوفلت المحسوبة بإستعمال بـ MATLAB	الجدول (5.IV)
40	الكتل المولية و النسبة المتوية للزجاج NPE1	الجدول (6.IV)
41	مقارنة لقيم قوى الاهتزاز المحسوبة بإستعمال بـ MATLAB وأخرى بـ FORTRAN لزجاج NPE1 .	الجدول (7.IV)
42	مقارنة بين معاملات جود-أوفلت المحسوبة بإستعمال بـ MATLAB وأخرى بإستعمال FORTRAN.	الجدول (8.IV)





## مقدمة عامة:

الزجاج هو جسم صلب لابلوري، له العديد من المواصفات التي يتميز بها، تأتي من خصوصية بنيته، ونادرا ما يتجمع في غيره من المواد.

يعتبر استخدام الزجاج المطعم بالأيونات الترابية النادرة في التركيبات الضوئية موضوعا للأبحاث في السنوات الماضية. حيث تكون هذه التركيبات عبارة عن زجاج مطعم، أي المضيف، بكميات صغيرة من المضاف، وهو الأيونات الترابية النادرة أو ماتسمى بعناصر اللانثانيدات. لهذه الأخيرة العديد من الإستخدامات كعوامل محفزة نظرا لإنتقالاتها الضوئية العديدة ضمن المجال المرئي والفوق الأحمر، كما أنها تمتلك مستويات طاقة غير مستقرة، والتي تسهل إنعكاس السكان.

من أجل دراسة تأثير المادة المضيئة على احتمالية الإنتقالات الإشعاعية للأيون الترابي المضاف، نلجأ إلى نظرية جود-أوفلت، وذلك من خلال معاملات تدعى معاملات جود-أوفلت والتي تحدد هذا التأثير.

المهدف من هذا العمل هو انجاز برنامج بلغة الـ MATLAB يمكننا من حساب هذه المعاملات وكذا مختلف الوسائط الطيفية للزجاج المطعم، من أجل استغلال أحسن للنظرية في انجاز مركبات ضوئية أكثر فعالية .

قسمت هذه المذكرة إلى أربعة فصول وهي:

نتطرق في الفصل الأول إلى بعض المفاهيم الأساسية عن الزجاج وخصائصه، الأيونات الترابية وخصائصها الطيفية، كذلك نتطرق إلى الزجاج المطعم بالأيونات الترابية، ونعرج على احدى تطبيقاته.

نقوم في الفصل الثاني بعرض نظرية جود-أوفلت.

في الفصل الثالث، نمذج مراحل حساب الوسائط الطيفية في مخطط لبرنامج الماتلاب MATLAB، وذلك بعد التطرق إلى تعريف لغة البرمجة الماتلاب، واحدى أدواته، وهي الواجهات الرسومية GUI.

نقدم في الفصل الرابع عرضا لتطبيق جود-أوفلت المنجز بإستعمال الماتلاب، ثم ناقش النتائج المتحصل عليها بواسطة هذا التطبيق.

**1.1. مقدمة:**

يعتبر الزجاج من المواد ذات الأهمية الكبيرة، ذلك لإستخداماته العديدة في مجال البصريات عموماً، ولذلك أصبح محل دراسات كثيرة، من أجل تحسين خصائصه والإستفادة منها.

يصبح الزجاج نشطاً عندما يطعم بالأيونات الترابية النادرة، تتميز هذه الأخيرة بخصائص بصرية مهمة، تؤهلها لأن تستخدم كعامل محفز في المادة المضيفة وهي الزجاج في بحثنا هذا، حيث سنتطرق في هذا الفصل إلى بعض المفاهيم الخاصة بالزجاج، بنيته، وبعض خصائصه، كما سنحاول التعرف على الأيونات الترابية النادرة، وخصائصها الطيفية، وكذلك إحدى تطبيقات الزجاج المطعم بالأيونات الترابية النادرة.

**2.1. تاريخ الزجاج:**

يعود تاريخ صناعة الزجاج إلى عام 2000 قبل الميلاد. ومنذ ذلك الحين، أصبح يستخدم في العديد من الأغراض في حياة الإنسان اليومية كصناعة الأواني ومواد الزينة بما في ذلك المجوهرات. كما كان له تطبيقاته الصناعية والمعمارية. يعتبر الآسيويون من أوائل صناع الزجاج، ومنهم انتقلت الصناعة إلى مصر حيث ترجع أول آنية زجاجية إلى حكم تحتمس الثالث (1504-1450 قبل الميلاد). وقد ظلت صناعة الزجاج منتعشة في مصر حتى حوالي عام 1200 قبل الميلاد حيث كانت في العصر الإغريقي تزود القصور الملكية بالزجاج الفخم الذي كان يصنع في الإسكندرية قبل أن تتوقف هذه الصناعة فعلياً لعدة قرون من الزمان. وفي القرن التاسع قبل الميلاد، ظهرت كل من سوريا والعراق كمراكز لصناعة الزجاج، حيث امتدت الصناعة عبر منطقة البحر المتوسط، ولقد تم التوصل إلى عملية نفخ الزجاج في سواحل فينيقيا في القرن الأول قبل الميلاد. أما في العصر الروماني، فكانت صناعة الزجاج منتشرة في مناطق متعددة من الإمبراطورية.

ابتكر المسلمون التزجيج، وما زالت روائع من أعمالهم في التزجيج باقية في واجهات المساجد والجوامع، وكذلك في الأبنية الأثرية إضافة إلى ما هو محفوظ في المتاحف العالمية. ولقد استخدمت الأصباغ المعدنية في هذه الصناعة الفنية، فلم تؤثر فيها حرارة الشمس طوال مئات السنين الماضية. وعرف علماء المسلمين البلور أو ما يسمى بالكريستال بحسب التعريف الكيماوي الحديث وهو الزجاج الممتاز الذي يحتوي على نسب مختلفة من أكاسيد الرصاص، وصنعهو بإتقان، وما زال يستعمل - كما استعمله المسلمون من قبل - في صناعة الأقداح والأواني والثريات، وكذلك في صناعة أدوات الزينة وكثير من الأدوات المنزلية. وصنعوا منه نظارات العيون، ومن العالم الإسلامي انتقلت صناعة الزجاج إلى أوروبا عندما أنشأ فنيون مصريون مصنعين للزجاج في اليونان، ولكن المصنعين حطماً في عام 1147 م، عندما اجتاحت النورماديون مدينتهم ففر الفنيون إلى الغرب، مما ساعد على النهضة الغربية في مجال صناعة الزجاج في العصور الوسطى. كما فر أيضاً بعض الفنيين من دمشق إلى الغرب عند

احتياح المغول للعالم الإسلامي. هذا بالإضافة إلى التقنيات الخاصة بصناعة الزجاج التي أخذها الأسرى الأوربيون من المسلمين أثناء الحروب الصليبية. وقد تجمعت أسرار هذه الصناعة مع الفنيين في فينسيا واحة كرت صناعة الزجاج في أوروبا حتى القرن السابع عشر عندما علمت فرنسا بالتقنيات المطلوبة وأسرارها، وانتقلت إليها صناعة الزجاج وأصبحت أهم مراكزها في العالم<sup>[1]</sup>.

### 3.I. حالات المادة:

تتكون المادة في حالاتها الأربعة الصلبة، السائلة، الغازية، والبلازما، من ذرات أو جزيئات دائمة الحركة. ويعود وجود المادة في إحدى هذه الحالات إلى طبيعة وحدود التأثيرات المتبادلة بين ذراتها وجزيئاتها. يمكن تمييز كل حالة عن الأخرى فيزيائياً.

- **الحالة الصلبة:** تكون ذرات المادة مترابطة وقريبة جداً من بعضها البعض.
  - **الحالة السائلة:** تكون ذراتها مترابطة قريبة من بعضها ولكن تتدفق بحرية شكلها غير ثابت، حيث تأخذ شكل الوعاء الذي يحويها.
  - **الحالة الغازية:** أقل حالات المادة ترابطاً، تتحرك ذراتها بحرية تامة، لا تملك شكلاً ولا حجماً محدداً، حيث يمكن ضغطها بسهولة في وعاء ذو حجم محدد.
  - **حالة البلازما:** غاز متأين كلياً أو جزئياً، فهي عبارة عن ذرات متأينة وإلكترونات حرة، وتكون ناقلة للكهرباء.
- يمكن تصنيف المواد الصلبة إلى قسمين رئيسيين، يعتمد كل منهما على التركيب الهندسي الداخلي لذراتها وهما:
- **المواد البلورية:** تشغل ذرات المادة مواقع محددة ضمن شبكة فراغية دورية ثلاثية الأبعاد، تغطي كامل أبعاد الجسم الناتج وتشكل البلورات الأحادية. تتشكل المادة البلورية عموماً من عدة بلورات أحادية لتلتقي على سطوح رقيقة تسمى حدود الحبيبات، وبناءً على هذا فتعبر المادة البلورية يقترن عموماً بالبلورات المتعددة المؤلفه من عدد كبير من البلورات الأحادية أو الحبيبات تتماسك فيما بينها عبر حدود حبيبية.
  - **المواد اللابلورية:** هي مواد صلبة عديمة النظام البلوري، يفتقد فيها التناظر الدوري الذي يعتبر سمة أساسية من سمات الحالة البلورية كالزجاج مثلاً<sup>[2]</sup>.

### 4.I. تعريف الزجاج:

الزجاج مادة شفافة، تشبه بنيتها بنية السوائل، وصلابتها في الدرجة العادية من الحرارة تعادل درجة صلابة الأجسام الصلبة. لا يحتوي الزجاج في حالته الصلبة أو السائلة على بلورات ولا يمكن تحديد درجة انصهاره لأنه يتحول من الحالة الصلبة إلى السائلة ماراً بمرحلة الليونة التي تمتاز بدرجة لزوجة عالية.

### 1.4.I. درجة حرارة الانتقال الزجاجي:

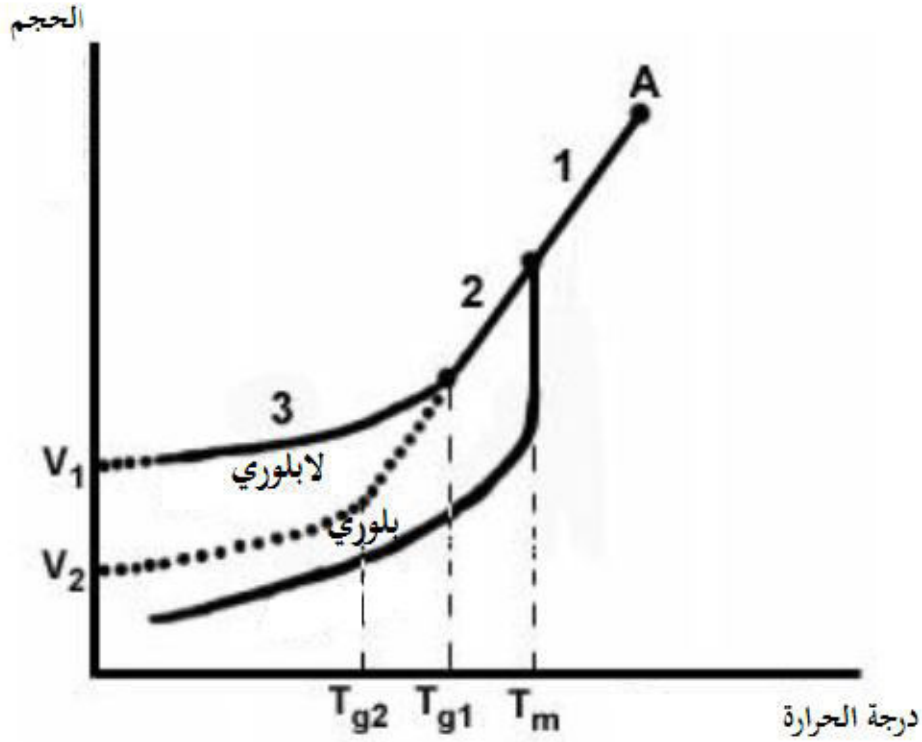
عند القيام بتبريد منصهر زجاجي لابلوري ( أي أنه في الحالة السائلة)، فإن حجمه يتقلص مع إنخفاض درجة الحرارة، المنحنى 1 : يكون الزجاج سائل عند النقطة A في درجة حرارة أعلى من درجة حرارة الإنصهار.

تبدأ الذرات عند أقل من درجة حرارة النقطة A بفقد طاقتها، حيث يكون خليط صلب سائل في المنطقة 1، أما في درجة حرارة أقل من  $T_m$  ، يكون الزجاج بالطور الصلب ولكنه يحمل صفات السائل ( لابلوري) وذلك في المنطقة 2، و في نهاية المنطقة يحدث ثبات نسبي في الحجم .

تسمى درجة حرارة التحول من الحجم المتغير إلى الحجم الثابت بدرجة حرارة الانتقال الزجاجي  $T_g$  ، وفي نهاية المنطقة 3 يأخذ الزجاج حجمه النهائي .

المنحنى 2 (المتقطع): يمثل الحالة في فترة تبريد أطول، أي أن فقدان الحرارة يكون بطيء فتكون  $T_{g2} < T_{g1}$  ، مما يعني أن معدل التبريد يؤثر على خواص الزجاج.

المنحنى 3: يمثل تحول المادة المنصهرة إلى بلور، وذلك عند النقطة الحرجة  $T_m$  حيث تنتقل عندها المادة من الحالة السائلة إلى الحالة الصلبة البلورية<sup>[3][4]</sup>.



الشكل (1.I): تغيرات كمية الحرارة بدلالة درجة الحرارة T (الزجاج - البلور).

### 2.4.I. خواص الزجاج:

- خصائص بصرية:

يتحكم تفاعل الضوء في معظم خواص الزجاج البصرية، فقرينة الإنكسار  $n$  تعبر عن سرعة إنتشار الضوء في الزجاج

$$n = \frac{c}{c_v} \quad (1 - I)$$

( حيث  $c$  سرعة الإنتشار في الفراغ،  $c_v$  سرعة الإنتشار في الزجاج)، وتعبّر الشفافية أو النفاذية عن إمتصاص الضوء في الزجاج و إنعكاس بعضه على سطحه<sup>[5]</sup>.

- خواص كهربائية:

الزجاج رديء التوصيل للكهرباء في درجات الحرارة العادية، ويعد من هذه الناحية من المواد العازلة، تقل مقاومة الزجاج للتيار الكهربائي بارتفاع درجة الحرارة، كما أن السطح الخشن للزجاج يقلل من مقاومة التيار<sup>[6]</sup>.

- خصائص حرارية:

○ التوصيل الحراري: للزجاج توصيل حراري ضعيف، حيث نجد معدل سريان الحرارة في الزجاج أقل من بقية المعادن، مهما تغير تركيبه.

○ اللزوجة: تعد اللزوجة من أهم الخواص التي تتحكم بسلوك الزجاج أثناء مراحل الإنصهار والتشكيل والمعالجة الحرارية، تتعلق لزوجة الزجاج خصوصا بالتركيب الكيماوي ودرجة الحرارة<sup>[7]</sup>.

- خصائص ميكانيكية:

في درجة حرارة عادية تختلف عن حرارة الإنتقال إلى الحالة الزجاجية  $T_g$ ، يسلك الزجاج سلوك جسم صلب مرن مثالي تقريبا، وتحت تأثير إجهاد متزايد، يتناسب تشوه الزجاج خطيا مع الإجهاد حتى الإنهيار الذي يحصل دون إنذار لهذا يوصف الزجاج بقصافته وانعدام اللدونة الظاهرة.

### 5.I. الأيونات الترابية النادرة:

تتميز العناصر الترابية النادرة بعدد من الخصائص البصرية المهمة، التي تؤهلها لأن تدخل في العديد من الإستخدامات كعوامل محفزة، حيث تستخدم كوسيلة نشطة في العديد من المواد المضيفة الصلبة نظرا لإنتقالاتها الضوئية العديدة ضمن المجال المرئي وتحت الأحمر .

سميت بالعناصر الترابية النادرة لندرة وجودها حرة، حيث يصعب فصلها بسبب تقارب حجمها الذري، كذلك تعرف بسلسلة اللانثينيدات نسبة إلى أول عنصر في هذه السلسلة وهو عنصر اللانثانوم La .

تتكون سلسلة اللانثينيدات من 14 عنصر تبدأ من عنصر سيريوم الى لوتينيوم في الجدول الدوري الذي تقع أسفله ، أرقامها الذرية من 58 إلى 71 .

تتميز العناصر الترابية النادرة بأن لها الطبقة f غير مشبعة ، وكذلك الطبقة d غير مشبعة<sup>[6]</sup> .

1 H				
3 Li	4 Be			
19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	
37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	
55 Cs	56 Ba	57 La	72 Hf	

58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu
----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------

الشكل (2.I): العناصر الترابية النادرة في الجدول الدوري<sup>[7]</sup> .

### 1.5.I. مطيافية أيونات العناصر الترابية النادرة:

#### 1.1.5.I. التوزيع الإلكتروني للعناصر الترابية النادرة و لأيوناتها:

إن التوزيع الإلكتروني لذرات العناصر الترابية النادرة، يلعب دورا مهما في إبراز بعض الصفات الكيميائية والفيزيائية لها، إذ أن التوزيع الإلكتروني لمعظمها يكون ضمن مدار 4f، عند هذه العناصر نلاحظ أن الإلكترونات لا تتجه لملء المدار 5d بل تتجه لملء المدار 4f<sup>[8]</sup> .

الجدول (1.I): يمثل التوزيع الإلكتروني للعناصر الترابية النادرة

العدد الذري	العصر	الرمز	الشكل الإلكتروني الذري	الشكل الإلكتروني الأيوني
57	Lanthane	La	[Xe]5d <sup>1</sup> 6s <sup>2</sup>	[Xe]
58	Cérium	Ce	[Xe]4f <sup>2</sup> d <sup>0</sup> s <sup>2</sup>	[Xe]4f <sup>1</sup>
59	Praséodyme	Pr	[Xe]4f <sup>3</sup> d <sup>0</sup> s <sup>2</sup>	[Xe]4f <sup>2</sup>
60	Néodyme	Nd	[Xe]4f <sup>4</sup> d <sup>0</sup> s <sup>2</sup>	[Xe]4f <sup>3</sup>
61	Prométhium	Pm	[Xe]4f <sup>5</sup> d <sup>0</sup> s <sup>2</sup>	[Xe]4f <sup>4</sup>
62	Samarium	Sm	[Xe]4f <sup>6</sup> d <sup>0</sup> s <sup>2</sup>	[Xe]4f <sup>5</sup>
63	Europium	Eu	[Xe]4f <sup>7</sup> d <sup>0</sup> s <sup>2</sup>	[Xe]4f <sup>6</sup>
64	Gadolinium	Gd	[Xe]4f <sup>8</sup> d <sup>0</sup> s <sup>2</sup>	[Xe]4f <sup>7</sup>
65	Terbium	Tb	[Xe]4f <sup>9</sup> d <sup>0</sup> s <sup>2</sup>	[Xe]4f <sup>8</sup>

$[\text{Xe}]4f^9$	$[\text{Xe}]4f^{10}d^0s^2$	Dy	Dysprosium	66
$[\text{Xe}]4f^{10}$	$[\text{Xe}]4f^{11}d^0s^2$	Ho	Holmium	67
$[\text{Xe}]4f^{11}$	$[\text{Xe}]4f^{12}d^0s^2$	Er	Erbium	68
$[\text{Xe}]4f^{12}$	$[\text{Xe}]4f^{13}d^0s^2$	Tm	Thulium	69
$[\text{Xe}]4f^{13}$	$[\text{Xe}]4f^{14}d^0s^2$	Yb	Ytterbium	70
$[\text{Xe}]4f^{14}$	$[\text{Xe}]4f^{14}d^1s^2$	Lu	Lutécium	71

### 2.1.5.I. الرموز الطيفية:

إن الحالات الذرية توصف بإستعمال الترميز الطيفي وذلك بتحديد  $2S+1$ ، والعزم الزاوي المداري الكلي  $L$ ، بالإضافة إلى العزم الكلي للإلكترون  $S$ ، يعرف الإزدواج  $L-S$  بالإزدواج "Russell-Saunders"، في هذا الإزدواج يتم جمع العزم الزاوي و العزم اللفي للإلكترون بشكل منفصل لتشكيل العزم الزاوي الكلي<sup>[14]</sup>.

• العزم الزاوي المداري الكلي  $L$  :  $L = \sum l_i$

• العزم الزاوي اللفي الكلي  $S$  :  $S = \sum s_i$

العدد الكمي الثانوي  $l=0,1,2,\dots,n-1$  ويمثل مستويات الطاقة الفرعية و المتفرعة من المستويات الأساسية وتصبح مستويات الطاقة الأساسية هنا منشطرة وتوصف المستويات في هذه الحالة بأنها لا منطبقة وفي الذرية و الأطياف توصف الأرقام الكمية السابقة كما هو الحال بالنسبة للدوال التي تصف إلكترونات واحد<sup>[15]</sup>.

يمكن تحديد قيم  $L$  بالحروف بدلا من استخدام الأعداد :  $L=s,p,d,f,g,\dots$

$$\vec{J} = \vec{L} + \vec{S} \text{ ومنه}$$

$\vec{J}$  العزم الحركي الكلي، حيث يمكن كتابة:

$$|L - S| \leq J \leq |L + S|$$

الرمز الطيفي للمستوى الأساسي يحدد حسب قواعد هوند ومبدأ الإستبعاد لباولي:

• قواعد هوند:

- تأخذ ال  $S$  أكبر قيمة ممكنة.
- تأخذ ال  $L$  أكبر قيمة ممكنة.
- $J = J_{min} = |L - S|$  من أجل الطبقة مملوءة بأقل من النصف.



$$J = J_{max} = |L + S| \quad \circ \text{ من أجل الطبقة مملوءة بأكثر من النصف.}$$

- مبدأ الإستبعاد لباولي: لا يمكن لإلكترونين أو أكثر في نفس الذرة امتلاك نفس الحالة الكمومية أي نفس قيم الأعداد الكمية [8].

### 3.1.5.I. الرموز الطيفية لأيونات العناصر الترابية النادرة:

نأخذ كمثال عنصر اليوتربيوم  $Yb$ ، من أجل أيون اليوتربيوم يكون:  $Yb^{+3}$

التوزيع الإلكتروني للعنصر:  $[Yb] 4f^{14}d^0s^2$

التوزيع الإلكتروني للأيون:  $[Yb]^{+3} 4f^{13}$  [7]

قيم  $L$  و  $S$  لهذا الأيون هي:  $L=3$  و  $S=1/2$ ، باستخدام الإزدواج  $L-S$  نجد:  $F_{5/2}^2$  و  $F_{7/2}^2$

انطلاقاً من قواعد هوند نجد أن الرمز الطيفي للمستوى الأساسي لأيون اليوتربيوم  $Yb^{+3}$  هو  $F_{7/2}^2$

الجدول التالي يوضح الرموز الطيفية للمستوى الأساسي لأيونات العناصر الترابية النادرة [8].

الجدول (2.I): يمثل الرمز الطيفي للمستوى الأساسي للعناصر الترابية النادرة.

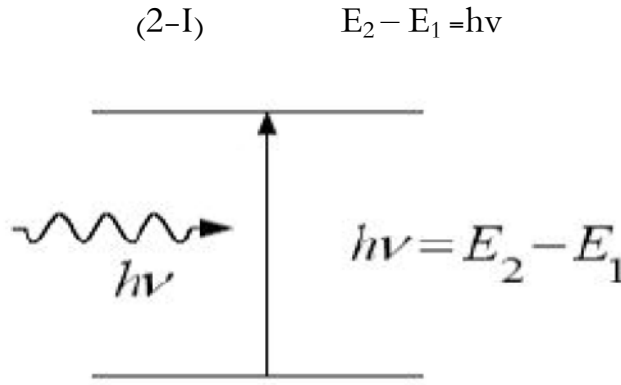
العنصر	الرمز الطيفي للمستوى الأساسي
La	$^1S_0$
Ce	$^1F_{5/2}$
Pr	$^3H_4$
Nd	$^4F_{9/2}$
Pm	$^5I_4$
Sm	$^6H_{5/2}$
Eu	$^7F_0$
Gd	$^8S_{7/2}$
Tb	$^7F_6$
Dy	$^1H_{15/2}$
Ho	$^5I_8$
Er	$^4I_{15/2}$
Tm	$^3H_6$
Yb	$^2F_{7/2}$
Lu	$^1S_0$

## 2.5.I. تفاعل أيونات العناصر الترابية النادرة مع الضوء:

### 1.2.5.I. الآليات الإشعاعية:

أثناء الانتشار في المواد، الفوتونات الواردة تمتص من طرف الأيونات الترابية النادرة وتفاعل معها، لهذا التفاعل 3 أنواع وهي:

- **الإمتصاص:** تقوم ذرات العناصر الترابية النادرة بإمتصاص فوتونات الإشعاع المسلط عليها، وتعمل طاقة الإشعاع الممتص على رفع الإلكترونات من مدارات منخفضة إلى مدارات عالية الطاقة، وتصبح الذرات في حالة الإثارة، ولا يتم امتصاص الفوتونات من قبل المادة إلا إذا كانت طاقتها تزيد عن فرق الطاقة بين مدارات الإلكترونات لذرات تلك المادة [8] [9].



الشكل (3.I): مبدأ الإمتصاص.

ليكن  $N_1(t)$  و  $N_2(t)$  نسبة الإسكان في المستويين الطاقويين للحالة الأساسية والمثارة على الترتيب.

تغير نسبة الإسكان في المستوي بدلالة الزمن يسمح لنا بتحديد احتمال الإثارة خلال وحدة الزمن.

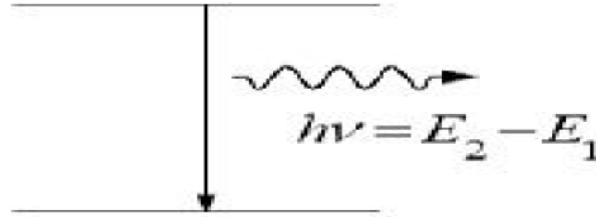
$$(3-I) \quad \frac{dN_1(t)}{dt} = -w_{12} \cdot N_1(t) \cdot N_1 = -B_{21} \rho(\nu) N_1(t)$$

$W_{21}$ : احتمالية الإثارة في وحدة الزمن.

$B_{12}$ : معامل اينشتاين وحدته  $(m^3 \cdot s^{-2} \cdot J^{-1})$ .

$\rho(\nu)$ : كثافة الطاقة في وحدة المساحة لشعاع الوارد وحدته  $(J \cdot s \cdot m^{-3})$ .

- **الإنبعاث التلقائي:** تقوم ذرات العناصر الترابية النادرة المثارة بإشعاع موجات كهرومغناطيسية نتيجة نزول الإلكترونات من مدارات عالية الطاقة إلى مدارات منخفضة الطاقة، إن الإشعاع التلقائي الصادر عن المادة المثارة يسمى إشعاعا غير مترابط، وذلك لأن الإلكترونات تنزل تلقائيا وبطريقة عشوائية بين مدارات الذرة المختلفة ولذلك فإن هذا الإشعاع يحتوي على عدد كبير جدا من الترددات تسمى مدة الحياة التي تبقى فيه الأيونات في الحالة المثارة بمتوسط عمر لحالة الإثارة<sup>[9]</sup>.



الشكل (4.I): مبدأ الإنبعاث.

$$(4 - I) \quad \frac{dN_2}{dt} = -A_{12} \cdot N_2 = -\frac{1}{\tau_{rad}} N_2$$

تعرف هذه العملية بإحتمال الإنبعاث التلقائي في وحدة الزمن ( $A_{12}$  معامل اينشتاين).

$\tau_{rad}$  : مدة حياة الإشعاع في الحالة المثارة.

$$(5 - I) \quad \tau_{rad} = \frac{1}{\sum_j A_{mj}}$$

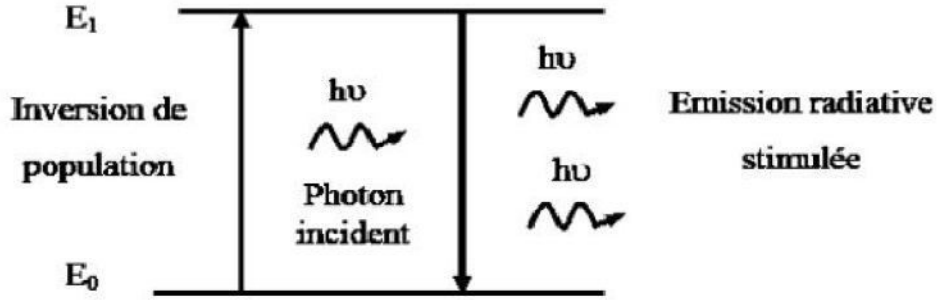
نعرف نسبة التفرع للإنتقال بالعلاقة التالية:

$$(6-I) \quad \beta = \frac{A_{mj}}{\sum_j A_{mj}} = A_{mj} \tau_{rad}$$

كما يمكن حساب هذه النسب ومدة حياة للإشعاع وذلك بإستخدام نظرية جود أوفلت Judd-Ofelt .

- **الإنبعاث المحرض:** تقوم ذرات العناصر الترابية النادرة المثارة بإشعاع موجات كهرومغناطيسية نتيجة نزول الإلكترونات من مدارات عالية الطاقة إلى مدارات منخفضة الطاقة، ولكن ليس بطريقة تلقائية وعشوائية كما في الإنبعاث التلقائي بل نتيجة لحثها بإشعاع له تردد محدد، إن الإشعاع المستحث الصادر عن المادة المثارة يسمى إشعاع مترابط وذلك لأن الموجات الكهرومغناطيسية الناتجة عن نزول الإلكترونات لها تردد وطور يساويان تماما تردد

وطور الأمواج التي قامت ببحث الإلكترونات على الإشعاع، ولذلك فإن هذا الإشعاع له تردد واحد من الناحية النظرية.



الشكل (5.I): مبدأ الإنبعاث المحرض.

من أجل الإنبعاث المحرض يجب أن تكون نسبة الإسكان في مستوي الحالة المثارة  $N_2$  أكبر منه في مستوي الحالة الأساسية يعني ذلك أن هناك تعداد معكوس للإسكان، ويمكن تحقيق ذلك بإستعمال قوة محفزة خارجية تدعى الضخ<sup>[9]</sup>.

$$(7 - I) \quad \frac{dN_2(t)}{dt} = -B_{21}\rho(\nu)N_2(t)$$

من أجل نظام به مستويين، وبإفتراض الإشعاعات هي فقط التي تساهم يمكن كتابة:

$$(8-I) \quad \frac{dN_2(t)}{dt} = w_{12}N_1 - (w_{21} + A_{21})N_2 = - \frac{dN_1(t)}{dt}$$

في حالة التوازن الحراري، نسبة الإسكان بين مستويين ترتبط بمعامل بولتزمان، ونكتب:

$$(9 - I) \quad \frac{N_2}{N_1} = - \frac{g_2}{g_1} e^{-\frac{h\nu}{kT}}$$

حيث  $g_i = 2J_i + 1$  هي قيمة التوالد في مستويات الطاقة  $E$ ، درجة الحرارة  $T$  و  $K$  ثابت بولتزمان.

عندما تكون  $\frac{dN_i}{dt} = 0$  نجد:

$$(10 - I) \quad \frac{N_2}{N_1} = - \frac{w_{12}}{w_{21} + A_{21}} = \frac{g_2}{g_1} e^{-\frac{h\nu}{kT}}$$

من هذه العلاقة، يمكن التعبير عن كثافة الطاقة للحزمة في وحدة المساحة كتالي:

$$(11 - I) \quad \rho(\nu) = \frac{A_{21}}{B_{21}} \cdot \frac{1}{\left(\frac{B_{12}}{B_{21}} \cdot \frac{g_2}{g_1} e^{-\frac{h\nu}{kT}} - 1\right)}$$

ووفقا لقانون بلانك لدينا:

$$(12 - I) \quad \rho(\nu) = \frac{8\pi n^3 \nu^2}{c^3} \cdot \frac{h\nu}{(e^{kT} - 1)}$$

### 2.2.5.I. الآليات الغير إشعاعية:

يمكن أن يسبب التفاعل، بين ذرة في الحالة المثارة، وأنماط الإهتزاز من المواد المضيئة، استرخاء غير إشعاعي للذرة، في الكثير من الحالات التي تهمنا طاقة الإنتقالات الإلكترونية بين الحالة المثارة والحالة الأساسية أعلى بكثير من طاقة الفوتونات، وبالتالي فإن الإسترخاء الغير إشعاعي بواسطة الفونونات هو إذن عملية متعددة الفونونات، احتمال حدوث الإسترخاء المتعدد الفونون يتعلق بالفرق الطاقى بين مستويات الإنتقال<sup>[7]</sup>.

$$(13-I) \quad W_{MP} = W_0 + [n(\nu) + 1]^p$$

حيث P هو عدد الفونونات اللازمة لملء فرق الطاقة.

$W_0$  هو إحتمال الإنتقال بحيث :

$$(14-I) \quad W_0 = B \cdot e^{-\alpha \Delta E}$$

$\Delta E$  هو فرق الطاقة بين مستويات المرحلة الإنتقالية.

$\alpha$ (cm) و  $B$ (s<sup>-1</sup>) هي ثوابت موجبة مميزة للمادة لا تتعلق بأيونات الترابية النادرة ولا بمستويات الطاقة المعنية.

$n(\nu)$  هو عدد بوز .

$$(15-I) \quad n(\nu) = \frac{1}{e^{\frac{h\nu}{kT}} - 1}$$

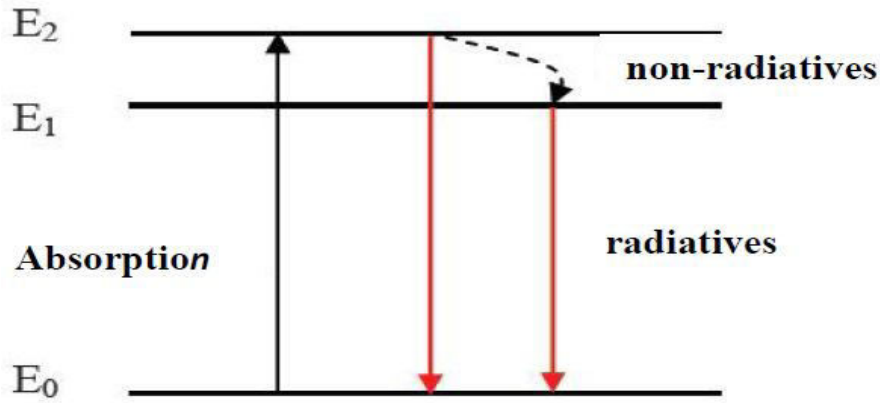
تجدر الإشارة إلى أن احتمالية الإنتقال الغير إشعاعي تتناقص مع زيادة فرق الطاقة، عندما يكون هذا الفرق بحيث عدد الفونونات P اللازم للإنتقال أقل من 4، فإن احتمالية الإنتقال الغير إشعاعي تدخل في تنافس مع العمليات الإشعاعية، إذا احتمالية الإنتقال الغير إشعاعي تزداد مع زيادة درجة الحرارة وبالتالي يؤدي إلى انخفاض في مدة الحياة،

احتمالية الانتقال تتناقص بسرعة عندما يتزايد عدد الفونونات اللازم  $p = \Delta E/hv$  ، وهي بالتالي تختلف من مادة إلى أخرى ذلك أن أنماط الإهتزاز هي الأخرى تختلف من مادة إلى أخرى، بشكل عام تأثير هذه التفاعلات يؤدي إلى تغير الإسكان في المستويات، إذ يمكن كتابة تغير الإسكان للمستويات المثارة بسبب الإنتقالات الغير مشعة بالمعادلة التالية<sup>[10]</sup>:

$$(16-I) \quad \frac{dN_2}{dt} = - \frac{N_2}{\tau_{nr}}$$

حيث:  $\tau_{nr}$  ثابت زمني مميز يعبر عن مدة الحياة الغير مشعة، وتعطى عبارته كالتالي:

$$(17 - I) \quad \tau_{nr} = \frac{1}{W_{nr}}$$



الشكل (6.I): الآليات الإشعاعية والغير إشعاعية للأيونات الترابية<sup>[18]</sup>.

### 3.5.I. المردودية الكمية:

تعرف على أنها النسبة بين عدد الفوتونات المنبعثة و عدد الذرات المثارة في المستوى المثارة، ويمكن كتابتها<sup>[17]</sup>:

$$(18 - I) \quad \eta = \frac{\tau_{mes}}{\tau_{rad}}$$

### 6.I. الزجاج المطعم:

تصنف المواد المضيئة للعناصر الترابية النادرة إلى صنفين: مواد زجاجية، ومواد صلبة بلورية ، يجب أن يكون للمضيف خصائص بصرية وميكانيكية وحرارية جيدة، وذلك من أجل مقاومة ظروف عملية التطعيم، يمكن للمواد المضيئة التي يتم وضعها مع الأيونات النشطة أن تحدث تغييرا كبيرا في خصائص الأيونات.

لذا علينا الأخذ بعين الاعتبار حجم ذرات الأيونات النشطة، وخصائصها الطيفية، بطريقة مثالية تتوافق مع أيونات المادة المضيفة، كذلك يجب مقارنة الفرق بين مستويات الطاقة في الأيون الترابي النادر، والتردد الأقصى لإهتزاز شبكة المواد المضيفة (الفونونات).

إن إضافة الأيونات النشطة بكميات كبيرة قد تؤثر على خصائص المادة المضيفة، لذا فإن إضافتها للمواد الصلبة البلورية، أو المواد الزجاجية تكون بكميات صغيرة جدا لتفادي تلك التأثيرات الجانبية.

يعتبر الزجاج مضيف جيد لأيونات العناصر الترابية النادرة، وذلك لقابليته على التكييف من ناحية الحجم والشكل والخصائص البصرية الممتازة، بالإضافة إلى وجود مرونة في تغيير بعض خواصه الفيزيائية، وخاصة قرينة انكساره بحيث يمكن تغييرها من حوالي 1.5 إلى 2، كما يمكن ضبط معامل التغير الحراري، لكي نحصل على فجوة بصرية مستقرة حراريا ويتميز أيضا بمعامل ربح ثابت في أطوال موجية مختلفة، وله قدرة كبيرة لتخزين الطاقة مقارنة بالمواد الصلبة البلورية<sup>[7]</sup>.

### 1.6.I. التأثيرات على خصائص الإستضاءة:

تشكل أيونات العناصر الترابية النادرة رواسب في أغلب المواد الصلبة، لذا فلا يمكن إدراجها في المادة المضيفة بطريقة عشوائية، بل تكون قابلة للذوبان في الطور الصلب، في الزجاج هناك تفاعلات أيون-أيون، وأيون-مادة، تُحدث هذه الأخيرة تأثيرات على الخصائص الطيفية لأيونات العناصر الترابية النادرة مثل: المقطع الفعال، خطوط الإمتصاص والإنبعاث، مدة الحياة،..، فمدة حياة الإستضاءة لأيونات الترابية النادرة تكون في ما بين  $10^{-6}$  -  $10^{-3}$  ms نظريا، أما تجريبيا فتكون أقل من ذلك بكثير<sup>[7]</sup>.

### 1.1.6.I. تركيز الإطفاء الذاتي:

هو التأثير الذي يقلل من فعالية الإستضاءة، تحدث هذه التأثيرات مع ارتفاع تركيز الأيونات النشطة، فيؤدي إلى نقصان مدة حياة حالة الإثارة بسبب تفاعل أيون-أيون، هذا النوع من التفاعل يعتمد بشكل كبير على نوع المادة المضيفة، ويعبر عن مدة حياة الإستضاءة بدلالة التركيز باستخدام المعادلة التالية<sup>[7]</sup>:

$$(19. I) \quad \tau_{\text{obs}} = \frac{\tau_0}{1 + \left(\frac{\rho}{Q}\right)^p}$$

حيث:  $\tau_0$  هي مدة حياة الإستضاءة عند انعدام التركيز،  $\rho$  هو تركيز التطعيم،  $Q$  هو تركيز الإطفاء الذاتي،

$p$  هو أس نوعي (كمثال في حالة النيوديوم  $p=2$ ).

**2.1.6.I. التفاعل مع الفونونات:**

لا يكون نقل الطاقة للأيونات المجاورة فقط، ولكن جزء منها يذهب للفونونات، الأمر الذي يؤدي إلى فقدان الطاقة، إن الإسترخاء الغير إشعاعي بواسطة الفونونات هي عملية متعددة الفونونات، هذا النوع من العمليات يظهر عندما يكون هناك عدد محدود من الفونونات اللازمة من أجل عبور الفرق الطاقوي بين الحالة الأساسية والحالة المثارة للأيونات الترابية النادرة.

من أجل طاقات فونون محصورة بين 0.1-0.25 من طاقة الإنتقال فإن مدة حياة الإستضاءة تتعلق بدرجة الحرارة، ومن أجل طاقات فونون أقل فإن الإسترخاء متعدد الفونونات يصبح مهملاً [7][10].

**3.1.6.I. تفاعلات أيون-أيون:**

تحدث تفاعلات أيون-أيون عند زيادة تركيز أيونات العناصر الترابية النادرة، إما من أجل نفس النوع أو أكثر، مما يؤدي إلى انخفاض مدة الحياة للمستويات الطاقوية مقارنة مع مدة حياة هذه المستويات عندما يكون الأيون معزولاً [7][10].

**4.1.6.I. تأثير OH<sup>-</sup>:**

هناك عملية أخرى تؤدي إلى انخفاض إسكان المستويات في الحالة المثارة، وبالتالي تتسبب في انطفاء للإستضاءة، يحدث ذلك في تواجد مجموعات OH<sup>-</sup> داخل المادة [7][10].

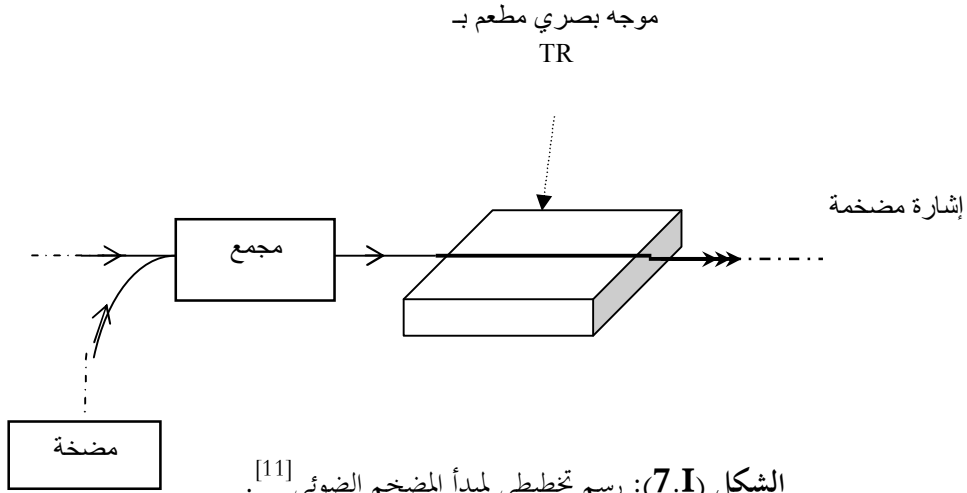
**7.I. التضخيم الضوئي والليزر:****1.7.I. التضخيم الضوئي:**

هو مضاعفة إشارة ضوئية، بإستخدام مبدأ الإنعاث المحرض، المكونات الأساسية لهذا الجهاز هي:

الموجه البصري: ويكون مطعم بأيونات العناصر الترابية النادرة.

المضخة: التي تحقن في الموجه البصري بواسطة مجمع وليف بصري من أجل إثارة أيونات العناصر الترابية النادرة، وحدوث انعكاس سكاني [7].



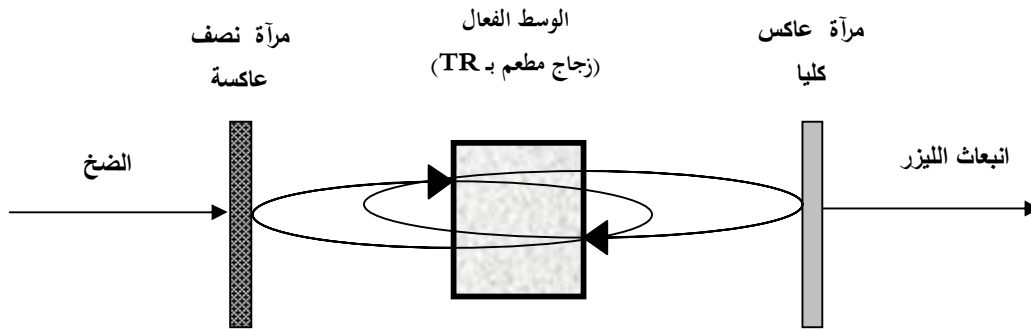


## 2.7.1. الليزر LASER:

هي اختصار باللغة الإنجليزية للجملة التالية:

### Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation

وتعني تضخيم الضوء بإنبعاث الإشعاع المحفز، وهو عبارة عن حزمة ضوئية مركزة ومنظمة، فوتوناتها لها نفس التردد وذات طاقة عالية، حيث يتم تحفيز الوسط الفعال، الذي قد يكون صلب، سائل أو غازي، لإنتاج أشعة ضوئية وحيدة الطول و الطور الموجي، وعند تطابقها مع بعضها وانعكاسها عدة مرات في المرنان، والذي يكون عادة عبارة عن مرآتان متقابلتان، فتنتظم الموجات وتتداخل وتخرج من الجهاز بالطاقة الكبيرة المرغوب فيها<sup>[11]</sup>.



الشكل (8.I): مبدأ إنتاج الليزر<sup>[12]</sup>.

## 1.2.7.1. تقنيات الضخ:

تعد تقنية الضخ من المستلزمات الأساسية في منظومة الليزر، بحيث الطاقة الضاخة تقوم بإثارة الذرات المستقرة للإنتقال إلى المستويات المثيعة لكي يتحقق التوزيع العكسي، يوجد ثلاث تقنيات للضخ<sup>[12]</sup> وهي:

1. تقنية الضخ الضوئي .

2. تقنية الضخ الكهربائي .

3. تقنية الضخ الكيميائي .

### 2.2.7.I. شروط الإنبعاث الليزري :

للحصول على أشعة الليزر من الضروري توفر ثلاثة شروط أساسية وهي :

- توفر الإنبعاث المحفز .
- حدوث التعداد المعكوس .
- إيجاد التضخيم الضوئي<sup>[11]</sup> .

### 3.2.7.I. الربح :

الذرة ذات مستويين 1 و 2 لهما الإسكان على التوالي  $N_1$  و  $N_2$  وفي وجود موجة كهرومغناطيسية، توزيعها الطيفي للانتقال من 2 نحو 1، فإن تغير الشدة الضوئية  $I$  بدلالة إتجاه الإنتشار، تعطى بالمعادلة التالية<sup>[7]</sup>:

$$(20.I) \quad \frac{dI_v}{dz} = (\sigma_{21}N_2 - \sigma_{12}N_1 - \alpha)I$$

نستعمل التقريب الذي يعتبر كثافة التوزيع المعكوس للإسكان  $(\sigma_{21}N_2 - \sigma_{12}N_1)$  ثابتا في وسط التضخيم بمكاملة المعادلة (20.I) نحصل على:

$$(21.I) \quad I_v(z) = I_v(0)\exp[(\gamma(v) - \alpha)z]$$

حيث:  $\gamma(v) = (\sigma_{21}N_2 - \sigma_{12}N_1)$  هو معامل الربح، إذا كانت:  $\sigma_{12} = \sigma_{21} = \sigma_0$  نجد:

$$(22.I) \quad \gamma(v) = \sigma_0 \Delta N$$

$$(23. I) \quad \Delta N = N_2 - N_1 \quad \text{لدينا:}$$

الربح هو النسبة بين الشدة عند مخرج الوسط والشدة عند المدخل وتعطى:

$$(24.I) \quad G = \frac{I_v(l)}{I_v(0)}$$

حيث:  $l$  هو طول العينة التي يجتازها الضوء.

بما أن الضوء الواقع في الوسط الفعال ليس موزعاً بالتساوي، وكذلك توزيع الأيونات النشطة في المادة ليس منتظماً أيضاً، يمكننا إدخال عامل الحجز  $\Gamma$ ، ويعبر عن الريح بواسطة المعادلة التالية<sup>[7]</sup>:

$$(25.I) \quad G = \exp[(\Gamma\gamma(v) - \alpha)L]$$

وبالتالي، من أجل زيادة الريح، لابد من زيادة معامل الريح  $\gamma$ ، والتقليل من الضياعات (معامل الخسارة)  $\alpha$ ، كما يمكن الحصول على نفس الريح عن طريق تركيز مرتفع أو عن طريق طول كبير للمضخم، ويعطى الريح بديسيبييل بالعلاقة التالية<sup>[7]</sup>:

$$(26.I) \quad G_{dB} = 10 \log(G)$$

ومنه فإن الريح هو:

$$(27.I) \quad G_{dB} = 4.34[(\Gamma\gamma(v) - \alpha)L]$$

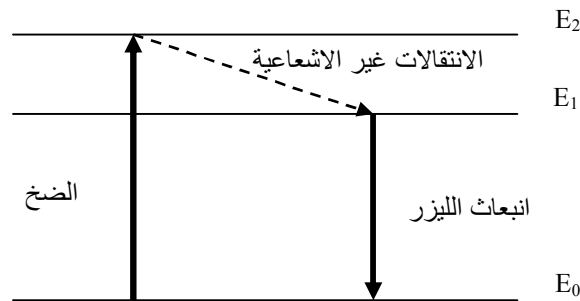
### 4.2.7.I المنظومات الليزرية:

يمكن تصنيف المنظومات الليزرية بالنسبة لمستويات طاقة الوسط الفعال إلى منظومتين هما:

#### • نظام 3 مستويات:

يعتمد توليد الليزر على إنتقال ذرات الوسط الفعال بين ثلاثة مستويات لطاقة.

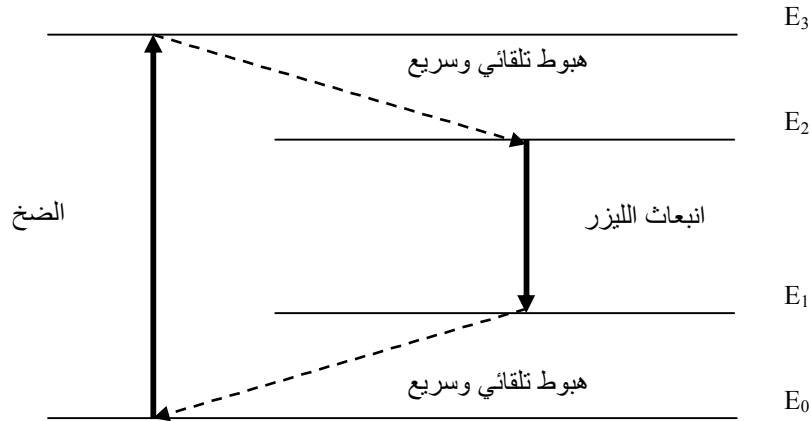
عند تهيئ الوسط الفعال بواسطة إحدى طرق الضخ فإن هذه الذرات تنتقل إلى المستوى المتهيج  $E_2$  ولضمان توليد الليزر ينبغي أن تكون طاقة الضخ كافية لإحداث التوزيع المعكوس، فسرعان ما تعود الذرات إلى حالة الإستقرار  $E_1$  الفرق بين المستويين يتحول إلى طاقة حرارية، إذا كان عدد الذرات في  $E_1$  أكبر من نصف عدد الذرات الكلي في الوسط الفعال يكون قد تحقق التوزيع المعكوس، وتكون الذرات مهياًة لحدوث الانبعاثات المحرزة، وبالتالي حدوث عملية انبعاث الليزر بين المستويين 2 و 1، فنحصل على شعاع الليزر<sup>[11]</sup>.



الشكل (9.I): نظام ذو ثلاث مستويات طاقة<sup>[11]</sup>.

• نظام 4 مستويات:

تتميز هذه المنظومات بسهولة الحصول على التوزيع العكسي بإستعمال ضخ قليل، يعود السبب إلى وجود مستوى إضافي  $E_1$  في هذه المنظومة، ويكون فارغا في أغلب الأحيان، حيث يقع فوق  $E_0$  مباشرة فعند ضخ الوسط الفعال تنتقل الذرات إلى المستوى  $E_3$  الذي يملك نطاق ترددي عريض ولكن سرعان ما تنزل تلقائيا إلى المستوى  $E_2$  وبمقارنة هذا الأخير مع المستوى  $E_1$  يتحقق التوزيع العكسي، وعند انتقال الذرة من المستوى  $E_2$  إلى  $E_1$  ينبعث الليزر إلا أن الذرات سرعان ما تنزل تلقائيا إلى مستوى الإستقرار<sup>[11]</sup>.



الشكل (10.I): نظام ذو أربعة مستويات طاقة<sup>[11]</sup>.

مراجع الفصل الأول:

- [1]: طارق اسماعيل كاخيا، "الكيمياء الصناعية الجزء 1 تكنولوجيا الصناعات الكيميائية اللاعضوية"، الكتاب السادس.
- [2]: نعيمة عبد القادر أحمد، محمد أمين سليمان، "علم البلورات والأشعة السينية"، دار الفكر العربي، الطبعة الأولى، القاهرة، 2005.
- [3]: Azzedine Ayadi, "Technologie du verre", office des publication-universitaires, Alger, 2004.
- [4]: غوقالي مبروك، بن حميدة سفيان، "كتاب مدخل إلى فيزياء الحالة الصلبة"، الجزء الأول، مطبعة باب الزوار الجزائر.
- [5]: Kevin Jojeph Malone, Neodymium-Doped phosphate Glass Waveguide Laser, PhD.thesis, University of Colorado at BOULDER.(1994).
- [6]: Y.Jestin, "Verres fluorés à base de fluoroindates et fluorogallates pour l'implification optique: fibre à forte ouverture numérique, guides d'onde planaires et spectroscopie des ions de terre rare", Thèse Doctorat, Université du Maine,(2002).
- [7]: O.Bentouila, "Etude de l'effet des terres rares dans les verres applications: lasers et amplificateurs optiques", Mémoire de Magister, Université de Ouargla,(2005).
- [8]: V.MOIZAN, "Etude de l'amplification laser en bande II dans les fibres de verres chalcogénures", Thèse de doctorat, Université de Rennes I , (2008).

[9]: د. محمد كوسا، "فيزياء الليزر وتطبيقاته"، كلية العلوم، جامعة دمشق، 2006.

[10]: V. Balan, "Verres chalcogénures pour l'optique intégrée", Thèse de Doctorat, Université Sciences et Techniques du Languedoc-Montpellier II, (2003).

[11]: A. Beggas, "Etat d'art des verres dopés aux ions terres rares (Application Amplificateur Optique)", Mémoire de Magister, Centre Universitaire d'El-Oued 2010.

[12]: P.R. Watekar, S. Ju, Won-Taek Han, Optical properties of Ho-doped alumino-germano-silica glass optical fiber, Journal of Non-Crystalline Solide, (2008).

الفصل الثاني

## II.1. مقدمة:

مازالت الأبحاث جارية من أجل إيجاد أفضل العناصر الترابية النادرة، لإنجاز مركبات ضوئية فعالة ومطعمة بها، حيث يعتبر الزجاج مرشح جيد لهذه التطبيقات لأنه قابل لتشكيل، متجانس ضوئياً، بالإضافة لإنخفاض كلفته.

كما تعتبر الأيونات الترابية النادرة عناصر نشطة من أجل التطعيم، ذلك كونها تتمتع بانتقالات عديدة في المجال المرئي وما تحت الأحمر من الطيف، كما أنها لا تتأثر بالمادة التي تدخل فيها.

## II.2. أهمية نظرية جود-أوفلت Judd-Ofelt:

إن تحديد الوسائط الطيفية للأيونات الترابية النادرة، مهم للغاية في اختيار نوع الزجاج من أجل إنجاز مركبات ضوئية أكثر فعالية، لذلك نلجأ لنظرية جود-أوفلت التي تمكننا بالإستعانة بمعطيات تجريبية من حساب مختلف الوسائط الطيفية، وهذا ما يجعل لنظرية هذه الأهمية الكبيرة في مجال البصريات.

## II.3. أهمية حساب معاملات جود-أوفلت والوسائط الطيفية:

- معاملات جود-أوفلت: لها علاقة بتركيبية الزجاج أو المادة المضيف لحد بعيد، ويمكنها أن تعطينا معلومات مهمة عن الأيون الذي تم إضافته للزجاج، تتغير بتغير تركيب وبنية الزجاج المضيف، وكذلك بتغير تركيز الأيونات الترابية النادرة<sup>[1]</sup>.
- $\Omega_2$  : تعبر عن مدى تكافئية الربط بين الأيون الترابي مع الجوار الأقرب<sup>[1]</sup>.
- $\Omega_4$   $\Omega_6$  : تعبر عن مدى صلابة المادة المضيف مثل اللزوجة، وثابت العزل الكهربائي لهذه المواد، كما لها علاقة أيضاً بالانتقالات الإهتزازية لروابط بين الأيونات الترابية النادرة وذرات الجوار<sup>[1]</sup>.
- $\Omega_4/\Omega_6$  : يسمى معامل الجودة الطيفية، وهو معامل مهم جداً للتنبؤ بمدى فعالية الإنتقالات الليزرية في المادة المعطاة<sup>[2]</sup>.
- $\sigma$  : المقطع الفعال التكاملي، يعتبر مؤشر على حدوث مفعول الليزر، حيث عندما تكون قيمته قريبة أو أكبر من  $10^{-20}$  فهذا يعني إمكانية حدوث فعل الليزر<sup>[3]</sup>.
- RMS : معامل جودة التعديل، يقيم هذا المعامل مدى صحة هذه الوسائط<sup>[3]</sup>.
- مدة حياة الإشعاع T: تتعلق بالرياح الليزري، وتناسب طرداً معه<sup>[3]</sup>.



## II.4. لمحة تاريخية عن نظرية جود-أوفلت Judd-Ofelt [4]:

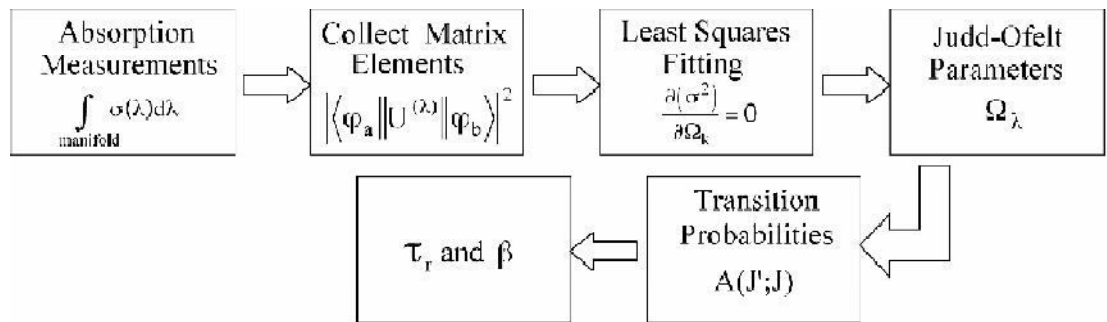
قُدمت نظرية جود-أوفلت Judd-Ofelt سنة 1962، من طرف كل من الأستاذ في قسم الفيزياء والفلك في جامعة بيركلي بكاليفورنيا الأمريكية ، برايان جود Brain.R.Judd ، والأستاذ في جامعة جونز هربكنز بواشنطن الأمريكية، جورج أوفلت George.S.Ofelt .

أصبحت نظرية جود-أوفلت اللبنة الأساسية في مجال المطيافية البصرية للأتربة النادرة خلال العقود الخمس الأخيرة، حيث استغلت في الكثير من الدراسات (حوالي 5000 مقال علمي)، ووجهت الكثير من هذه الدراسات إلى التطبيقات المهمة للمواد المطعمة بالأتربة النادرة مثل الليزر والتضخيم الضوئي.

## II.5. نظرية جود-أوفلت Judd-Ofelt:

تسمح نظرية جود-أوفلت بتحديد الوسائط الطيفية للمادة المضيفة للعناصر الترابية النادرة، من هذه الوسائط نذكر: احتمالية الانتقال الإشعاعي بين مستويي طاقة، مدة حياة المستوى المثار، المقطع الفعال التكاملية،...

تعتمد النظرية في عملية تحديد الوسائط الطيفية على دراسة عصابات الإمتصاص للأيون الترابي، ففي البداية تقوم بمكاملة كل عصابة من عصابات الإمتصاص، التي تكون انتقالات ثنائي القطب الكهربائي هي المسيطرة عليها، في حين تكون مساهمة ثنائي القطب المغناطيسي ضعيفة، لذا لا تؤخذ بعين الاعتبار، ثم تحدد قوى الانتقال الموافقة لكل انتقال، ومن خلال هذه القوى تمكنا النظرية من إستنتاج معاملات جود-أوفلت، هذه الأخيرة تحدد الوسائط الطيفية للمادة المضيفة [5].



الشكل (1.II): مخطط لنظرية جود-أوفلت [5]

## 6.II. طيف الامتصاص:

من الممكن حساب المقاطع الفعالة للإمتصاص عند أطوال موجية مختلفة، وذلك من خلال استخدام مطياف مزدوج الحزمة (spectrophotomètre à doubles faisceaux) الذي يقوم بتسجيل أطيف الإمتصاص بحيث يمرر حزمة من الضوء الأبيض خلال موحد اللون لتحديد الطول الموجي، ثم يتم فصلها إلى حزمتين لهما نفس الشدة: حزمة مرجعية موافقة لـ  $I_0(\lambda)$ ، وحزمة تمر من خلال عينة شدتها  $I(\lambda)$ . تعطى الكثافة الضوئية  $DO$  [6] بـ:

$$(1. II) \quad DO = \log \left( \frac{I_0(\lambda)}{I(\lambda)} \right)$$

شدة الضوء الممتصة تعتمد على معامل الامتصاص  $\alpha$  وسمك المواد التي يجتازها الشعاع  $dl$ :

$$(2. II) \quad \frac{dl}{I} = -\alpha \cdot dl \quad \Rightarrow \quad I = I_0 \exp(-\alpha \cdot l)$$

وحدة معامل الإمتصاص  $\alpha$  تكون بـ  $cm^{-1}$ ، ويعبر عنه بدلالة الكثافة الضوئية  $DO$  وفقاً للعلاقة التالية:

$$(3. II) \quad \alpha = \frac{\ln 10}{x} \cdot DO$$

ونستنتج المقطع الفعال للإمتصاص:

$$(4. II) \quad \sigma_a(\lambda) = \frac{\alpha(\lambda)}{N_0} = \frac{2,3 \cdot DO}{N_0 \cdot x}$$

حيث  $N_0$ : هو تركيز الأيونات المسؤولة عن الامتصاص. و  $x$ : سمك العينة.

### • قوى الانتقال و قوى الاهتزاز

قوة الانتقال بين عنصري ستارك يرمز لها بـ  $S(J, J')$ ، يعرف بأنه عنصر المصفوفة لمربع مؤثر الانتقال لثنائي القطب

الكهربائي (DE) أو ثنائي القطب المغناطيسي (MD):

$$(5. II) \quad S_{ed}(J, J') = |\langle J | DE | J' \rangle|^2$$

$$(6. II) \quad S_{md}(J, J') = |\langle J | DM | J' \rangle|^2$$

قوى الانتقال بين مستويين هي مجموع القوى الانتقالية بين مستويات ستارك:

$$(7. II) \quad S_{ed,md}(J, J') = \sum S_{ed,md}(J, J')$$

أما بالنسبة لقوى الاهتزاز تعرف بالعلاقة التالية:

$$(8. II) \quad f(J, J') = \frac{8\pi^2 m_e c}{3h(2J+1)n^2\lambda} [\chi_{ed} S_{ed}(J, J') + \chi_{md} S_{md}(J, J')]$$

حيث  $\chi_{md} = n^3$  و  $\chi_{ed} = \frac{n(n^2+2)^2}{9}$  هما التصحيحين للحقل المحلي حول الأيونات الترابية النادرة.

m هي كتلة الإلكترون، c سرعة الضوء في الفراغ،

n : قرينة الانكسار في الوسط، h : ثابت بلانك و  $\lambda$ : الطول الموجي لمتوسط الانتقال.

### • حساب قوى الانتقال

في انتقالات ثنائي القطب المغناطيسي قوى الانتقال  $S_{md}$  وقوى الاهتزاز  $f_{md}$ ، لا تعتمد على مادة المضيفة، بل تعتمد

فقط على أيون الترابي النادر. وتعرف قوة الانتقال التجريبية  $S_{md}$  بالعلاقة التالية :

$$(9. II) S_{md} = \left( \frac{h^2}{4\pi m_e c} \right) | \langle J \| L + 2S \| J' \rangle |^2$$

$| \langle J \| L + 2S \| J' \rangle |$  مؤثر عنصر المصفوفة، ويتعلق فقط بأيونات الترابية النادرة والانتقال  $|J\rangle \rightarrow |J'\rangle$  ولدينا:

$$(10. II) J = J' : \begin{cases} | \langle J \| L + 2S \| J' \rangle | = g\hbar [J(J+1)(2J+1)]^{\frac{1}{2}} \\ g = 1 + \left\{ \frac{[J(J+1) + S(S+1) - L(L+1)]}{2J(J+1)} \right\} \end{cases}$$

$$(11. II) J = J - 1: | \langle J \| L + 2S \| J - 1 \rangle | = \hbar \left\{ \frac{[(S+L+J+1)(S+L+1-J)(J+S-L)(J+L-S)]}{4J} \right\}^{\frac{1}{2}}$$

$$(12. II) J = J + 1: | \langle J \| L + 2S \| J + 1 \rangle | = \hbar \left\{ \frac{[(S+L+J+2)(S+J+1-L)(L+J-S)(S+L-J)]}{4(J+1)} \right\}^{\frac{1}{2}}$$

وفقا لنظرية جود-أوفلت، قوى الانتقال لثنائي القطب الكهربائي بين مستويين  $|J\rangle$  و  $|J'\rangle$  تعطى عن طريق المعادلة:

$$(13. II) \quad S_{ed}^{calc} = e^2 \sum_{k=2,4,6} \Omega_k | \langle J' \| U^{(k)} \| J \rangle |^2$$

$\Omega_k$  هي معاملات تعكس تأثير المادة المضيفة على احتمالية الانتقالات الإشعاعية، وهي معروفة تحت اسم وسائط جود-أوفلت "Judd-Ofelt"،  $U^{(k)}$  تمثل قيم المصفوفة لمكونات المؤثر التنسوري المختزل (l'opérateur tensoriel réduit)، وهي قيم ثابتة مستقلة عن المادة المضيفة، تتعلق بعنصر التطعيم.

• قوى الاهتزاز التجريبية :

يمكن التعبير عن  $F_{mes}$  اعتمادا على معامل الامتصاص  $\alpha(\nu)$  والتردد  $\nu$  عن طريق المعادلة:

$$(14. II) \quad f_{mes} = \frac{m_e c^2}{\pi e^2 N} \int \frac{\alpha(\lambda) d\lambda}{\lambda^2}$$

حيث:

$$(15. II) \quad f_{mes} = f_{ed}^{mes} + f_{md}^{mes}$$

و أيضا:

$$(16. II) \quad f_{ed}^{mes}(J, J') = \frac{m_e c^2}{\pi e^2 N} \int_{J \rightarrow J'} \frac{\alpha(\lambda) d\lambda}{\lambda^2} - f_{md}^{mes}$$

ويكون لدينا:

$$(17. II) \quad S_{ed}^{mes}(J, J') = \frac{9n}{(n^2 + 2)^2} \left[ \frac{3hc(2J + 1)}{8\pi^3 e^2 N} \int_{J \rightarrow J'} \frac{\alpha(\lambda) d\lambda}{\lambda^2} - S_{md}^{mes} \right]$$

تكون قوى الانتقال محصورة في المجال بين  $10^{-8}$  و  $10^{-6}$  في العناصر الترابية النادرة مع المادة المضيفة الصلبة.

معرفة وسائط جود-أوفلت تسمح لنا بحساب احتمالية الانتقالات الإشعاعية من أجل الانتقال من الحالة الابتدائية  $J$  إلى الحالة النهائية  $J'$  والمعرفة بالعلاقة التالية:

$$(18. II) \quad A_{rad}(J, J') = \frac{64\pi^4}{3h(2J + 1)\lambda^3} \left[ \frac{n(n^2 + 2)^2}{9} \right] S_{ed}$$

نسبة التفرع  $\beta$  من أجل كل انتقال  $J$  نحو  $J'$  تحسب بالعلاقة التالية:

$$(19. II) \quad \beta = \frac{A_{rad}(J, J')}{\sum_{J'} A_{rad}(J, J')}$$

ومن الممكن أيضا حساب مدة حياة الإشعاع  $T_{rad}$  في الحالة المثارة  $J'$ :

$$(20. II) \quad \tau_{rad} = \frac{1}{\sum_{J'} A_{rad}(J, J')}$$

كما بالإمكان حساب المقطع الفعال التكاملي للإنبعاث، يستعمل هذا المقدار بشكل خاص من أجل تحديد إمكانية حدوث مفعول الليزر في الزجاج ويعطى بالعلاقة التالية:

$$(21. II) \quad \Sigma = \frac{\lambda^2}{8 \pi c n^2} A_{rad}(J, J')$$

عندما تكون قيمة المقطع التكاملي للإنبعاث قريبة أو أكبر من  $10^{-20}$  هناك إمكانية حدوث مفعول الليزر.

أما جودة التعديل فهي معامل يقيم مدى صحة هذه الوسائط، وتتميز بالقيمة RMS

(the Root-Mean-Square) المعطاة بالعلاقة التالية:

$$(22. II) \quad RMS = \sqrt{\frac{\sum (f_{cal} - f_{mes})^2}{q - 3}}$$

حيث: q هو عدد العصابات الطيفية المحللة، p عدد المجاهيل.

## 7.II. خلاصة:

لقد قمنا في هذا الفصل بعرض نظرية جود-أوفلت، والتعريف بمدى أهميتها، كما قمنا بعرض مراحل الحساب انطلاقا من طيف الإمتصاص وصولا إلى وسائط الطيفية التي تحدد خصائص المادة المضيفة للأيونات الترابية النادرة.

[1]: P.R. Watekar, S. Ju, Won-Taek Han, Optical properties of Ho-doped alumino-germano-silica glass optical fiber, Journal of Non-Crystalline Solide, (2008).

[2]: W. T. Carnall, P. R. Fields, and K. Rajnak, Electronic Energy Levels in the Trivalent Lanthanide Aquo ions. I.  $\text{Pr}^{+3}$ ,  $\text{Nd}^{+3}$ ,  $\text{Pm}^{+3}$ ,  $\text{Sm}^{+3}$ ,  $\text{Dy}^{+3}$ ,  $\text{Ho}^{+3}$ ,  $\text{Er}^{+3}$ , and  $\text{Tm}^{+3}$ , J Chem. Phys, (1968).

[3] : بيلا آ. لينكيل، " الليزارات"، جامعة سان فرناندو، كاليفورنيا، ترجمة فاروق عبودي قصي، كلية العلوم جامعة الموصل، 1984.

[4]: k. Ouannes, "Etude Structurale et Spectroscopique des Verres d'Oxyde d'antimoine dopés par les ions  $\text{Er}^{+3}$ ", Thèse Doctorat, Université Biskra, (2015).

[5]: B. Di Bartolo and O. Forte, "Advances in Spectroscopy for Lasers and Sening, Printed in the Netherlands, 2006.

[6]: B. Tioua, "Etude Spectroscopique des ions trivalents de terre rares dans les verres  $\text{Sb}_2\text{O}_3\text{-M}_2\text{O}$ ", Mémoire de Magister, Centre Universitaire d' El-Oued 2010.

الفصل الثالث

## III.1. مقدمة :

إن التسارع في تطوير بيئات حاسوبية متفاعلة تخدم أغراضا متنوعة، جعل كثيرا من الشركات البرمجية تبتكر وتطور برمجيات توجه لحل ومعالجة المشاكل في مختلف المجالات العلمية ولاسيما الرياضية والهندسية، وتلك التي تختص في العلوم التطبيقية [1].

لقد قمنا في هذا العمل بإستغلال برمجية الماتلاب الـ **MATLAB** من أجل إنجاز تطبيق يستند على نظرية جود-أوفلت، يسمح لنا بحساب معاملات جود-أوفلت  $\Omega_k$ ، ومن ثم استنتاج مختلف الوسائط الطيفية التي تميز المادة المضيفة للعناصر الترابية النادرة مثل احتمالية الانتقال الإشعاعي، مدة الحياة الإشعاعية...، كما استخدمنا الأداة GUI في الماتلاب من أجل إنشاء واجهة رسومية تقوم بعرض هذه الوسائط.

III.2. نبذة عن برنامج الماتلاب الـ **MATLAB** :

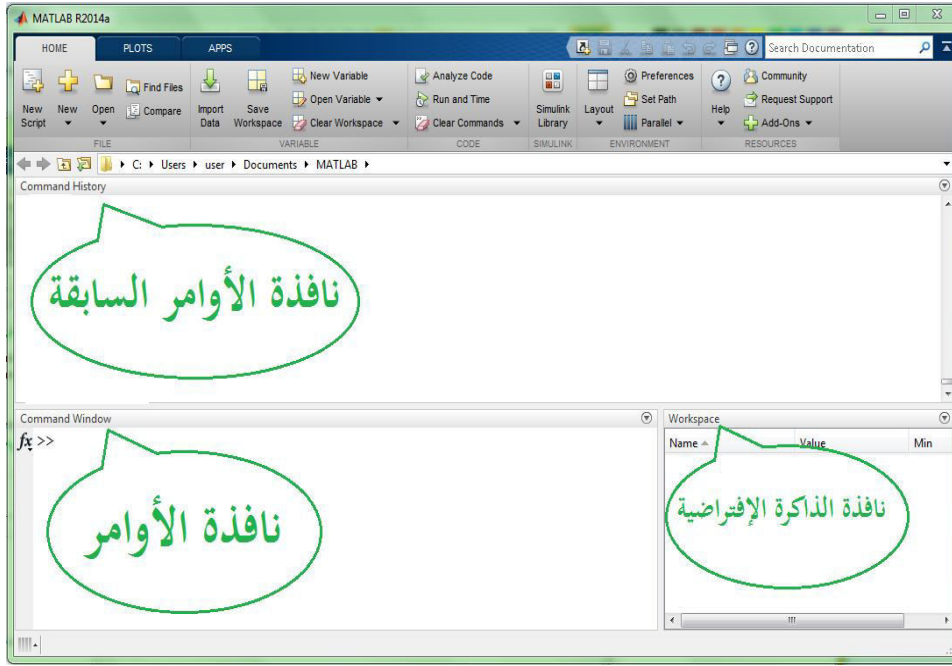
هو لغة التطبيقات التقنية عالية المستوى، وذلك لأنه يكامل ما بين العمليات الحسابية والمنطقية، والتصوير المرئي الرسومي الثنائي والثلاثي الأبعاد وبين البرمجة في بيئة تفاعلية واحدة سهلة الإستخدام تبعد كل البعد عن التعقيدات التي تفرضها باقي اللغات البرمجية.

يشير اسم **MATLAB** إلى الإختصار **Matrix Laboratory** أي مختبر المصفوفات، وذلك لبنائه نواة تعتمد بالشكل الأساس على مفهوم المصفوفات (**Matrix**) والمتجهات (**Vectors**) في تخصيص ومعالجة أنواع البيانات المختلفة، حيث يوفر مرونة في إدارة ومعالجة المصفوفات والمتجهات بالإعتماد على مجموعة من الأدوات التي تؤدي مختلف العمليات [1].

تتكون بيئة الـ **MATLAB** من مجموعة من الأجزاء المتفاعلة، الشكل (III.1)، وهي:

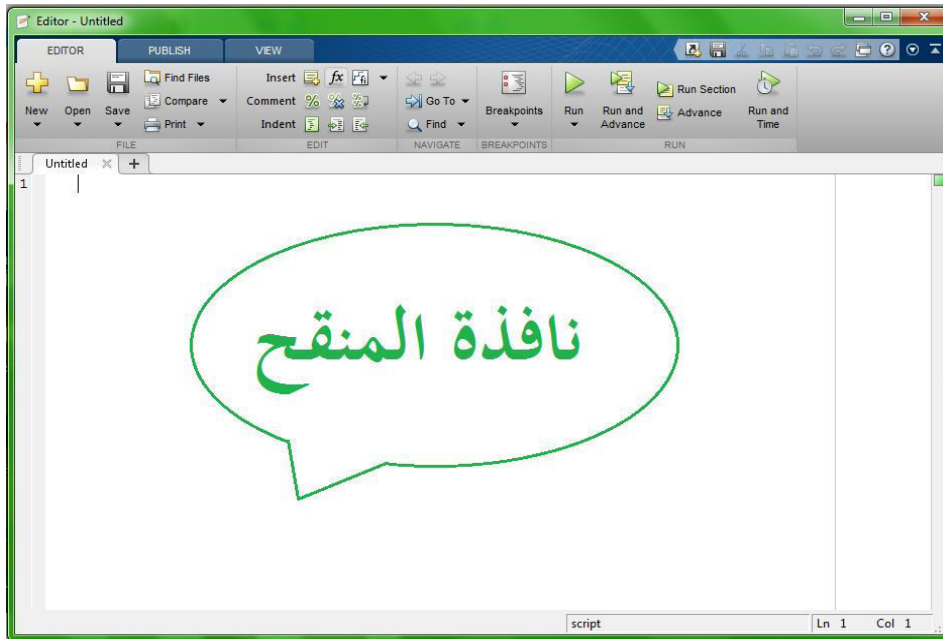
- نافذة الأوامر **command window**: تستخدم في كتابة وبناء التعابير، الصيغ الرياضية، وكذلك الأوامر لحل المسائل المختلفة.
- نافذة الذاكرة الافتراضية **workspace**: تستخدم لتخزين المدخلات والمخرجات في بيئة الـ **MATLAB**.
- نافذة الأوامر السابقة **command history** : تعرض كل الأوامر التي أدخلت ونفذت عبر نافذة الأوامر، ليتسنى الرجوع إليها لاحقا عند الرغبة بذلك.





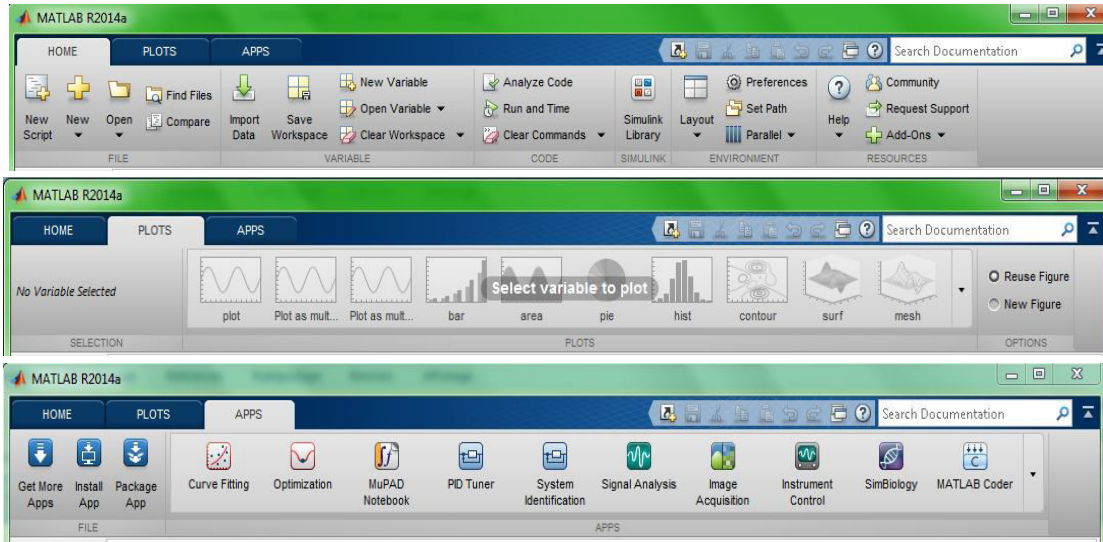
الشكل (1.III): نوافذ الـ MATLAB.

- نافذة المنقح (M-file Editor) Debugger: ويسمى أيضا المحرر، الشكل (2.III)، يستعمل لإنشاء و تصحيح برنامج تمت كتابته لتنفيذ توابع الماتلاب.



الشكل (2.III): نافذة المنقح في الـ MATLAB.

- بعض أشرطة الأدوات، وأشرطة القوائم: تساعد في الوصول إلى التطبيقات ومختلف الأدوات في بيئة الـ MATLAB وتسهل التحكم فيها<sup>[1]</sup>، الشكل (3.III).



الشكل (3.III): أشرطة الأدوات والقوائم التي يوفرها الـ MATLAB .

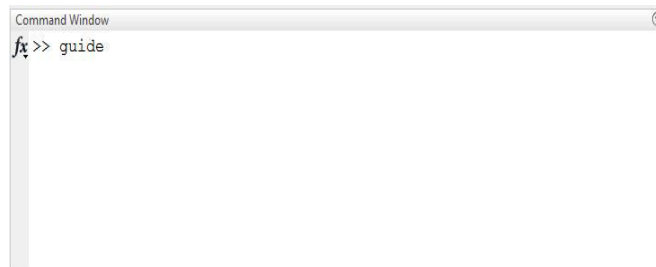
في هذا العمل سنستخدم النسخة MATLAB R2014a.

### 3.III. نبذة عن الواجهات الرسومية:

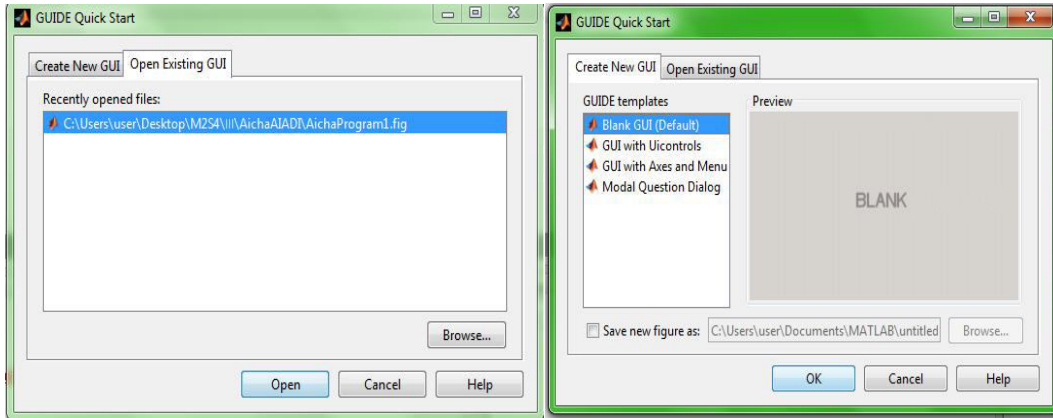
تسمى GUI إختصاراً لـ Graphical User Interface ، وهي عبارة عن عرض بياني، رسومي، في نافذة أو أكثر، يتضمن وسائل ومكونات تتيح للمستخدم إنجاز مهام فعالة ضمن بيئة الماتلاب.

من ضمن هذه المكونات نجد القوائم، شريط الأدوات، زر الإختيار،..، كما يمكننا من خلال الواجهات كتابة وقراءة البيانات، وكذلك الربط بين أكثر من واجهة ومشاركة البيانات بينها، بالإضافة إلى إمكانية عرض هذه البيانات على شكل رسوم بيانية وجداول.

عند تنفيذ التعليمة guide الشكل (4.III) نتحصل على الواجهة المجسدة في الشكل (5.III)، تحتوي هذه الواجهة على قائمة من أنواع الواجهات الرسومية التي يمكن تصميمها، كما توفر إمكانية فتح تصميم سابق<sup>[2]</sup>.



الشكل (4.III): تعليمة إستدعاء الواجهة الرسومية في الـ MATLAB.



الشكل (5.III): أنواع الواجهات الرسومية في الـ MATLAB .

### 4.III. مراحل مختلفة من الحساب [3]:

نضع:

$$S_{ed} = \begin{pmatrix} S_{ed1} \\ \cdot \\ \cdot \\ S_{edi} \\ \cdot \\ \cdot \\ S_{edq} \end{pmatrix} ; \quad f_{ed} = \begin{pmatrix} f_{ed1} \\ \cdot \\ \cdot \\ f_{edi} \\ \cdot \\ \cdot \\ f_{edq} \end{pmatrix} ; \quad \Omega = \begin{pmatrix} \Omega_2 \\ \Omega_4 \\ \Omega_6 \end{pmatrix}$$

$$A = \begin{pmatrix} \langle \|U^{(2)}\|_1 \rangle^2 & \langle \|U^{(4)}\|_1 \rangle^2 & \langle \|U^{(6)}\|_1 \rangle^2 \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ \langle \|U^{(2)}\|_i \rangle^2 & \langle \|U^{(4)}\|_i \rangle^2 & \langle \|U^{(6)}\|_i \rangle^2 \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ \langle \|U^{(2)}\|_q \rangle^2 & \langle \|U^{(4)}\|_q \rangle^2 & \langle \|U^{(6)}\|_q \rangle^2 \end{pmatrix}$$

حيث  $1, \dots, i, \dots, q$  تمثل الانتقال.

$$C = \begin{pmatrix} C_1 & 0 & . & . & . & . & 0 \\ 0 & . & . & . & . & . & . \\ . & . & . & 0 & . & . & . \\ . & . & 0 & C_i & 0 & . & . \\ . & . & . & 0 & . & . & . \\ . & . & . & . & . & . & 0 \\ 0 & . & . & . & . & 0 & C_q \end{pmatrix} = \xi \times \begin{pmatrix} \lambda_1^{-1} & 0 & . & . & . & . & 0 \\ 0 & . & . & . & . & . & . \\ . & . & . & 0 & . & . & . \\ . & . & 0 & \lambda_i^{-1} & 0 & . & . \\ . & . & . & 0 & . & . & . \\ . & . & . & . & . & . & 0 \\ 0 & . & . & . & . & 0 & \lambda_q^{-1} \end{pmatrix} = \xi \times C'$$

حيث:

$$\xi = \frac{8\pi^2 m_e c (n^2 + 2)^2}{27hn (2J + 1)}$$

$$f_{ed} = C \times S_{ed} \quad \text{ثم}$$

$$S_{ed} = A \times \Omega \quad \text{و}$$

قيم الوسائط  $\Omega$  تعطى بمعادلة المصفوفة التالية:

$$\Omega_s = (A^T A)^{-1} A^T S_{ed}$$

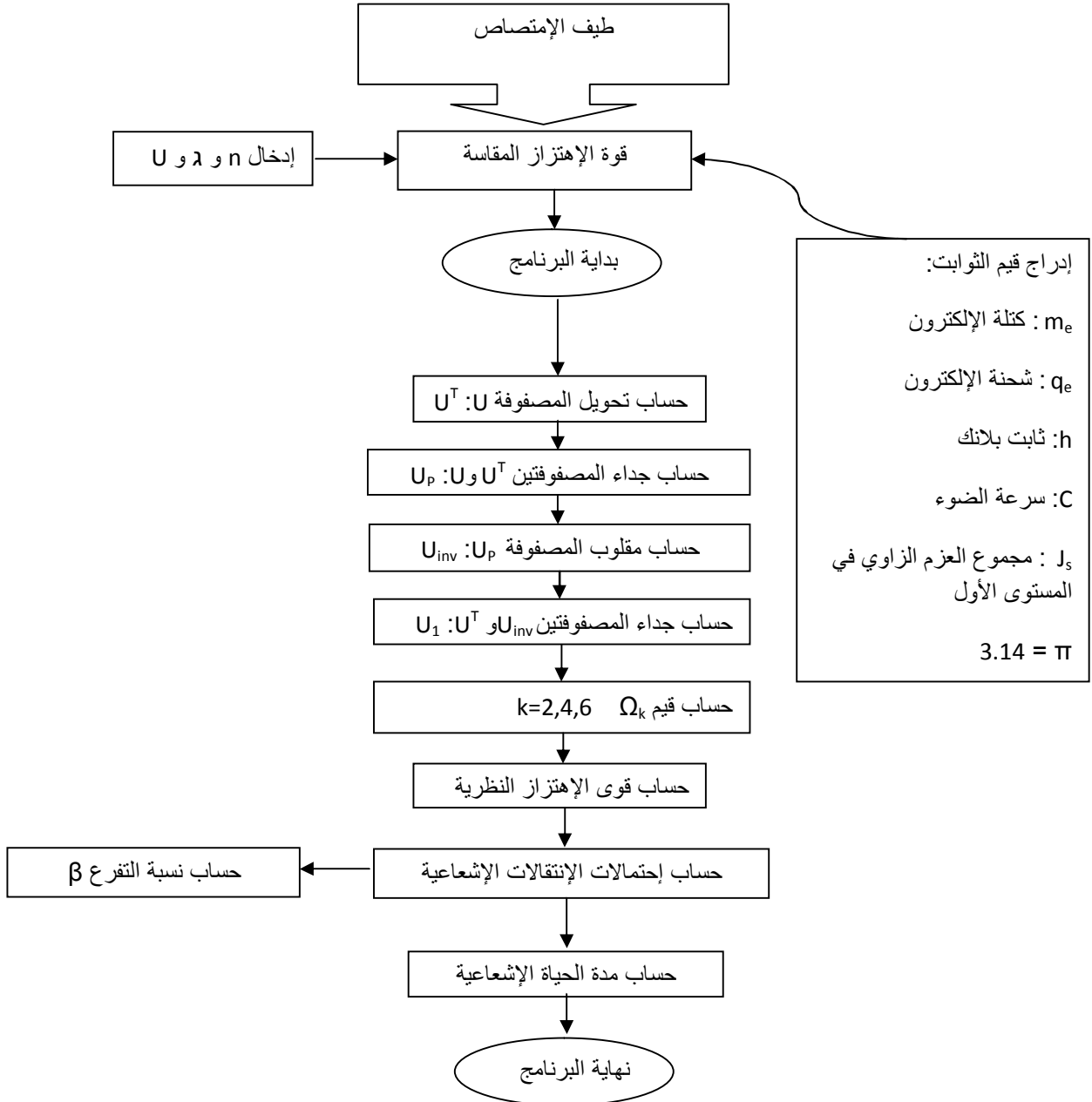
ومع:

$$f_{ed} = C \times S_{ed} \Rightarrow f_{ed} = C \times A \times \Omega = A' \times \Omega$$

$$A' = C \times A$$

$$\Omega_f = (A'^T A')^{-1} A'^T f_{ed} \quad \text{ومنه}$$

III.5. مخطط للبرنامج :



**III.6. خلاصة:**

في هذا الفصل قمنا بإعطاء فكرة عن كل من لغة البرمجة الماتلاب MATLAB والواجهات الرسومية GUI، وهي إحدى الأدوات المتوفرة في بيئة الماتلاب، كما قمنا بشرح مختلف مراحل حساب الوسائط الطيفية، ونمذجتها في مخطط لبرنامج الماتلاب.

مراجع الفصل الثالث:

[1]:Duane H,and Bruceel,"Mastering MATLAB5: Acomprebersive  
Toutoral and Reference",Pretice Hall1998,USA.

[2]:عبد الغني ابراهيم جمعة، برجة الواجهات الرسومية في الماتلاب وربطها مع برنامج للتعرف على الأحرف بواسطة  
الشبكات العصبية الصناعية، جامعة تشرين، سوريا، 2013.

[3]:O.Bentouila,"Etude de l'effet des terres rares dans les verres applications:  
lasers et amplificateurs optiques", Mémoire de Magister, Université de  
Ouargla,(2005).

# الفصل الرابع



**1.IV. مقدمة:**

إن أهمية نظرية جود-أوفلت في علم البصريات جعلها محل دراسات وأبحاث، وذلك لتسهيل عملية استغلالها من أجل إنجاز مركبات ضوئية أكثر فعالية.

في هذا الفصل سنقوم بعرض تطبيق جود-أوفلت وخطوات إنجازه، بواسطة لغة الماتلاب، كما سنقوم بمناقشة النتائج المتحصل عليها، وذلك بالإستعانة بمعطيات تجريبية، ونتائج سابقة محسوبة بواسطة لغة برمجة أخرى وهي الفورتران.

**2.IV. إنجاز تطبيق جود- أوفلت Judd-Ofelt:****1. 2.IV. مراحل إنجاز التطبيق:**

عند إنجازنا لهذا البرنامج وباستغلال لغة الماتلاب الـ MATLAB، مررنا بعدة مراحل قبل خروج هذا التطبيق في شكله النهائي، ففي البداية قمنا بإنجاز البنية الأساسية للبرنامج وطبقناه من أجل أيون واحد معطى وهو الهولوميوم  $Ho^{+3}$  وذلك لتحقيق من مصداقية البرنامج، ثم قمنا بتوسيعه وتطويره حتى يمكننا من حساب مختلف الوسائط الطيفية لأي أيون من الأيونات الترابية النادرة وذلك بإدخال بيانات هذا الأيون الترابي، ولعرض هذه المخرجات (الوسائط الطيفية) استخدمنا الأداة GUI الموجودة ضمن أدوات الماتلاب وقمنا بإنشاء واجهة رسومية تعرض النتائج لأي أيون ترابي معطى.

**2. 2.IV. عرض التطبيق المنجز:**

تعرض الواجهة الرسومية التي قمنا بإنجازها كل من:

- الثوابت: وتتمثل في قرينة الإنكسار، تركيز العينة، وسمكها، وهي معلومات خاصة بالزجاج المدروس.
- المدخلات: وتتمثل في بيانات الأيون الترابي وهي الأطوال الموجية المأخوذة من طيف الإمتصاص، المصفوفة U، المعامل C، وقوى الإهتزاز التجريبية  $f_{mes}$ .
- المخرجات: وتتمثل في النتائج المتحصل عليها وهي قوى الإهتزاز الحسابية  $f_{cal}$ ، معاملات جود-أوفلت  $\Omega_k$ ، احتمالية الإنتقالات الإشعاعية  $A_{rad}$ ، مدة حياة الإشعاع  $T_{rad}$ ، كذلك جودة التعديل RMS.

وهذا ما يعرضه الشكل (1.IV).



الشكل (1.IV): واجهة رسومية تعرض عناصر التطبيق.

لإستظهار النتائج نقوم بالمرور بالخطوات التالية:

– إدخال الثوابت، الشكل (2.IV)



الشكل (2.IV): واجهة رسومية تعرض إدخال الثوابت.

– إدخال بيانات الأيون التراي المعطى، الشكل (3.IV)



الشكل (3.IV): واجهة رسومية تعرض إدخال بيانات الأيون المعطى.

– إختيار إيقونة تنفيذ البرنامج Run Program ، الشكل (4.IV).



الشكل (4.IV): واجهة رسومية تعرض طريقة تنفيذ البرنامج.

– إستظهار النتائج (المخرجات)، الشكل (5.IV).



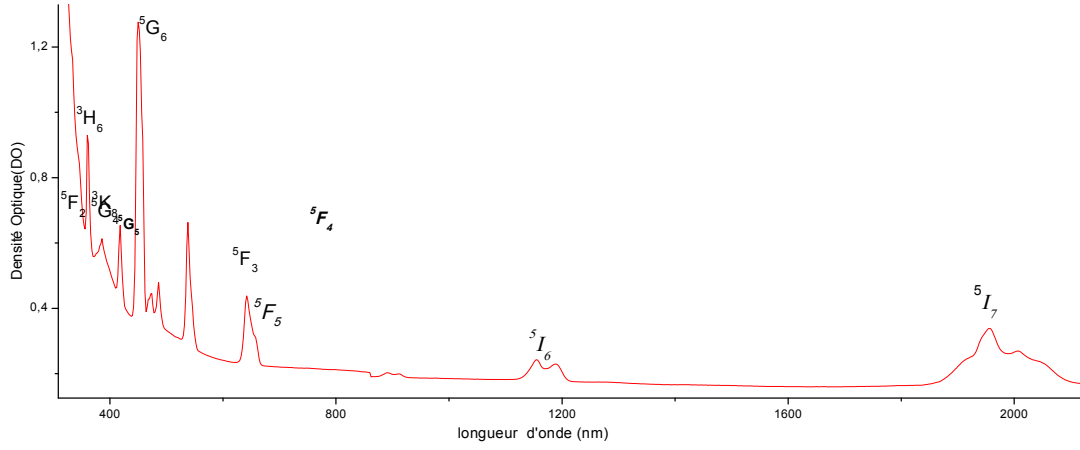
الشكل (5.IV): واجهة رسومية تعرض النتائج.

### 3.IV. النتائج والمناقشة:

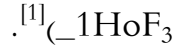
التركيبية الأولى: الزجاج المدروس هو زجاج هالوجينو- فوسفاتي مطعم بأيون هولميوم ( $Ho^{+3}$ ) NPH1، بنسبة قدرها 1%، وبتكيز  $N_0$  قيمته  $1.4649 \times 10^{20} \text{ ion/cm}^3$ ، وقرينة انكساره  $n=1.528$ ، وكثافته حجمية  $2.89455 \text{ g.cm}^{-3}$ ، وذا سمك  $0.5764 \text{ cm}$ ، يوضح الجدول (1.IV) الكتل المولية والنسب المئوية للمركب الزجاجي المدروس [1].

الجدول (1.IV): الكتل المولية و النسبة المئوية للزجاج NPH1.

المركب	NaPo <sub>3</sub>	PbCl <sub>2</sub>	HoF <sub>3</sub>	المركب
				$.90NaPO_3\_9PbCl_2$ $\_1HoF_3$
الكتلة المولية (mol/g)	101.94	278.1	278.106	601.9940
المعامل المولي (100%)	90	9	1	100



الشكل (6-IV): طيف الامتصاص للزجاج الهالوجينو-فوسفاتي المطعم بالهوليوم ( $90NaPO_3_9PbCl_2$ )



من طيف الإمتصاص الشكل (6-IV)، يمكننا تحديد عصابات الإمتصاص والموافقة لعشر إنتقالات، من خلالها تم حساب المعاملات و المقاطع الفعالة للامتصاص لكل انتقال، والموضحة في الجدول (2.IV).

الجدول (2.IV): يوضح الأطوال الموجية و التردد ومعامل الامتصاص و المقاطع الفعال للامتصاص للانتقالات لأيون الهوليوم في للزجاج.

المقطع الفعال $\Sigma(10^{-20} \text{ cm}^2)$	معامل الامتصاص $\alpha(\text{cm}^{-1})$	التردد $(10^{14} \text{ s}^{-1})$	الطول الموجي (nm)	الانتقال
47.511	69.6	1.53	1957	$^5I_8 \rightarrow ^5I_7$
8.546	12.52	2.59	1155	$^5I_8 \rightarrow ^5I_6$
9.393	13.76	4.67	642	$^5I_8 \rightarrow ^5F_5$
9.072	13.29	5.57	538	$^5I_8 \rightarrow ^5F_4$
1.836	2.69	6.17	486	$^5I_8 \rightarrow ^5F_3$
0.655	0.96	6.32	474	$^5I_8 \rightarrow ^5F_2, ^3K_8$

28.083	41.14	6.66	450	$^5I_8 \rightarrow ^5G_6$
2.901	4.25	7.17	418	$^5I_8 \rightarrow ^5G_5$
3.570	5.23	7.77	386	$^5I_8 \rightarrow ^5G_4$
3.201	4.69	8.33	360	$^5I_8 \rightarrow ^3H_6$

من أجل الحصول على الخصائص الطيفية لأيونات  $Ho^{+3}$  في الزجاج  $90NaPO_3_9PbCl_2_1HoF_3$

نطبق نظرية جود-أوفلت، نكامل كل عصابة من عصابات الامتصاص، ونحدد قوى الاهتزاز الموافقة لكل انتقال، قوى

الاهتزاز ثنائي القطب الكهربائي المقاسة لكل عصابة امتصاص معطاة في الجدول (3.IV)، ثم نقوم بحساب معاملات

جود-أوفلت الجدول (4.IV)، ومقارنة النتائج المتحصل عليها بنتائج سابقة.

**الجدول (3.IV):** يوضح مقارنة لقيم قوى الاهتزاز المحسوبة بإستعمال MATLAB

وأخرى بـ FORTRAN لرجاج NPH1 .

$F_{cal} (x10^{-6})$ (FORTRAN)[1]	$F_{cal} (x10^{-6})$ (MATLAB)	$F_{exp}(10^{-6})$	الانتقال
1.386	1.386	1.454	$^5I_8 \rightarrow ^5I_7$
1.012	1.012	0.765	$^5I_8 \rightarrow ^5I_6$
2.864	2.865	2.364	$^5I_8 \rightarrow ^5F_5$
3.030	3.031	3.371	$^5I_8 \rightarrow ^5F_4$
1.080	1.080	1.203	$^5I_8 \rightarrow ^5F_3$
0.668	0.668	0.681	$^5I_8 \rightarrow ^5F_2, ^3K_8$
17.137	17.138	16.752	$^5I_8 \rightarrow ^5G_6$
2.895	2.895	2.937	$^5I_8 \rightarrow ^5G_5$
0.364	0.364	1.586	$^5I_8 \rightarrow ^5G_4$
3.246	3.246	5.234	$^5I_8 \rightarrow ^3H_6$
0.0928	0.03511	RMS( $x10^{-6}$ )	

الجدول (4.IV): يوضح مقارنة بين معاملات جود-أوفلت المحسوبة بإستعمال MATLAB

وبـ FORTRAN لرجاج NPH1.

FORTRAN[1]	MATLAB	اللغة المستعملة في الحساب
4.05439	4.28056	$\Omega_2(x10^{-20})$
2.51398	2.65416	$\Omega_4(x10^{-20})$
1.65379	1.74634	$\Omega_6(x10^{-20})$
1.520	1.510	$\Omega_4/\Omega_6$

الوسائط الطيفية :

يوضح الجدول (5.IV) الوسائط الطيفية للإنتقال  $7 \rightarrow 8$  عند الطول الموجي 1957 nm، لأيون الهولميوم  $Ho^{+3}$  في الزجاج  $90NaPO_3_9PbCl_2_1HoF_3$ .

الجدول (5.IV): يوضح مقارنة بين الوسائط الطيفية المحسوبة بإستعمال MATLAB وبـ

FORTRAN لرجاج NPH1.

	A(s)	$\tau(ms^{-1})$	$\beta$ (%)
<b>MATLAB</b>	63.284	15.8	100
<b>FORTRAN [1]</b>	63.6	15.72	100

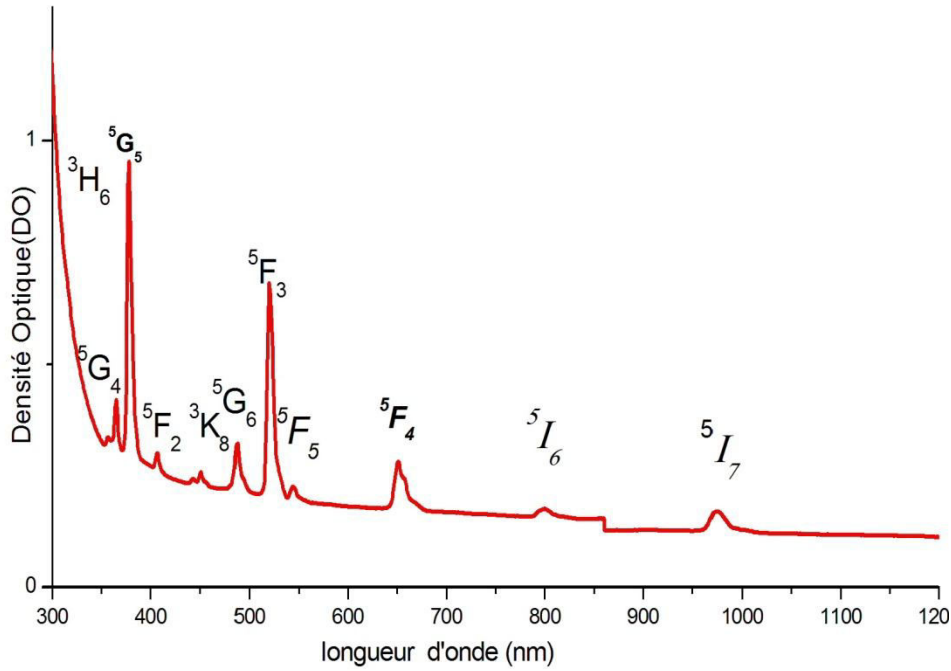
تبين قيم RMS توافق جيد بين القيم التجريبية و القيم المحسوبة لقوى الاهتزاز ، تمت المقارنة بين نتائج المتحصل عليها بإستعمال اللغتين الماتلاب و الفورتران من أجل التأكد من مصداقية البرنامج الذي أنجزناه، وقد تبين أن النتائج متوافقة، إلا أنه يمكننا اعتبار نتائج الماتلاب أكثر دقة من الأخرى وذلك لأن  $RMS_M = 0.03511 \times 10^{-6}$  أصغر من  $RMS_F = 0.0928 \times 10^{-6}$ ، وبالتالي القيم المحسوبة لقوى الاهتزاز بإستعمال الماتلاب أقرب إلى القيم التجريبية من الأخرى المحسوبة بإستعمال الفورتران (أكثر تقاربا).

وللتأكيد على مصداقية البرنامج، قمنا بتطبيقه من أجل زجاج هالوجينو- فوسفاتي مطعم بأيون الإيريوم (التركيبية الثانية).

التركيبية الثانية: الزجاج المدروس هو زجاج هالوجينو- فوسفاتي مطعم بأيون الإيريوم ( $Er^{+3}$ ), بنسبة قدرها 1%, وبتكيز  $N_0$  قيمته  $1.4709 \times 10^{20} \text{ ion/cm}^3$ , وقرينة انكساره  $n=1.525$ , وكثافته حجمية  $2.907 \text{ g.cm}^{-3}$ , وذا سمك  $0.4862 \text{ cm}$ , يوضح الجدول (6.IV) الكتل المولية والنسب المئوية للمركب الزجاجي المدروس [2].

الجدول (6.IV): يوضح الكتل المولية و النسبة المئوية للزجاج NPE1.

المركب	NaPO <sub>3</sub>	PbCl <sub>2</sub>	ErF <sub>3</sub>	90NaPO <sub>3</sub> _9PbCl <sub>2</sub> _1ErF <sub>3</sub>
الكتلة المولية (mol/g)	309.1401	30.914	3.434	343.489
المعامل المولي (100%)	90	9	1	100



الشكل (7-IV): طيف الامتصاص للزجاج الهالوجينو-فوسفاتي المطعم بالإيريوم ( $90NaPO_3_9PbCl_2_1ErF_3$ ) [2].



نتائج حساب قوى الاهتزاز ثنائي القطب الكهربائي المقاسة لكل عصابة امتصاص و الموافقة لكل انتقال، معطاة في الجدول(7.IV)، و معاملات جود-أوفلت في الجدول (8.IV)، مع المقارنة بنتائج سابقة.

**الجدول(7.IV):** يوضح مقارنة لقيم قوى الاهتزاز المحسوبة بإستعمال MATLAB

وأخرى بـ FORTRAN لنجاح NPE1 .

الانتقال	الطول الموجي (nm)	$F_{exp}(10^{-6})$	$F_{cal}(x10^{-6})$ (MATLAB)	$F_{cal}(x10^{-6})$ (FORTRAN)[2]
${}^5I_8 \rightarrow {}^5I_7$	1534	1,607	1.07	1,031
${}^5I_8 \rightarrow {}^5I_6$	976	0,401	0.539	0,507
${}^5I_8 \rightarrow {}^5F_5$	800	0,159	0.164	0,237
${}^5I_8 \rightarrow {}^5F_4$	652	1,583	1.56	1,538
${}^5I_8 \rightarrow {}^5F_3$	544	0,246	0.206	0,392
${}^5I_8 \rightarrow {}^5F_2, {}^3K$	520	6,473	6.48	6,486
${}^5I_8 \rightarrow {}^5G_6$	488	1,385	1.53	1,552
${}^5I_8 \rightarrow {}^5G_5$	452	0,233	0.510	0,477
${}^5I_8 \rightarrow {}^5G_4$	406	0,353	0.606	0,585
${}^5I_8 \rightarrow {}^3H_6$	378	11,486	11.5	11,480
RMS( $x10^{-6}$ )		0.0983	0,240	

الجدول (8.IV): يوضح مقارنة بين معاملات جود-أوفلت المحسوبة بإستعمال بـ MATLAB وأخرى بإستعمال .FORTRAN

اللغة المستعملة في الحساب	MATLAB	FORTRAN[2]
$\Omega_2(x10^{-20})$	2.13	2,031
$\Omega_4(x10^{-20})$	0.355	0,527
$\Omega_6(x10^{-20})$	0.523	0,489

تعتبر لغة الماتلاب أكثر عملية من لغة الفورتران، وذلك بعد المقارنة بين البرنامجين، نلاحظ أن البرنامج المكتوب بلغة الماتلاب خطواته أقل و دقته أعلى مقارنة بالبرنامج الآخر.

#### 4.IV. خلاصة:

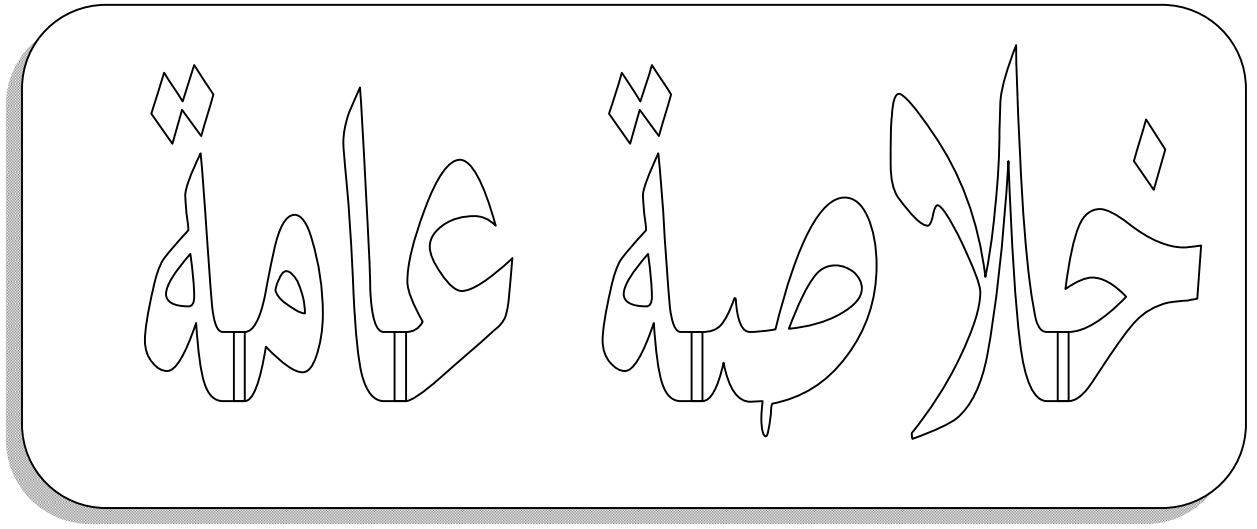
يمكننا بإستعمال تطبيق جود-أوفلت المنجز بلغة الماتلاب، وانطلاقا من بيانات أيون تراسي معين، من عرض واستظهار النتائج التي تمثلها قوى الإهتزاز الحسابية، معاملات جود-أوفلت، والوسائط الطيفية.

بعد مناقشة هذه النتائج ومقارنتها بنتائج سابقة محسوبة بلغة برمجة أخرى وهي الفورتران، تبين لنا مصداقية التطبيق المنجز، كما أظهرت المقارنة أن النتائج المحسوبة بلغة الماتلاب أكثر دقة من الأخرى المنجزة بلغة الفورتران.

مراجع الفصل الرابع:

[1] - O.Bentouila, "Etude de l'effet des terres rares dans les verres applications:lasers et amplificateurs optiques", mémoire de magister, Université de Ouargla, (2005).

[2]: O. Bentouila, K.E.Aiadi, F.Rehouma, M. Poulain, Spectroscopic studies of rare earth-doped halogeno-phosphates glasses Journal Of Optoelectronics And Advanced Materials, Vol. 15, pp 1204 1208, (2013)



## خلاصة عامة:

يتمحور هذا العمل حول إنجاز تطبيق لنظرية جود-أوفلت بإستعمال لغة البرمجة الماتلاب MATLAB. من أجل ذلك قمنا بحساب كل من الوسائط الطيفية لزجاج هالوجيني - فوسفاتي مطعم بأيون هولميوم، وآخر مطعم بأيون الإيبريوم، وذلك انطلاقاً من طيف الإمتصاص. من خلال عشرة عصابات امتصاص، قمنا بحساب كل من معاملات الإمتصاص، والمقاطع الفعالة للإمتصاص، التي تتنبأ بإمكانية حدوث الفعل الليزري، وذلك بالنسبة لكل انتقال من الانتقالات العشرة الذي تمثله عصابات الإمتصاص. بعدها قمنا بحساب معاملات جود-أوفلت  $\Omega_2$ ، والتي تعطينا فكرة عن مدى تكافئية الروابط بين الأيونات المتجاورة، و  $\Omega_4$  و  $\Omega_6$  فيعبران عن مدى صلابة المادة المضيفة، ثم حساب معامل الجودة الطيفية  $\Omega_4/\Omega_6$  الذي يتنبأ بمدى فعالية الإنتقالات الليزرية، كذلك قمنا من خلال قيم معاملات جود-أوفلت بتحديد قوى الاهتزاز النظرية  $f_{cal}$  وحساب معامل التعديل RMS الذي يقيم مدى صحة النتائج، ثم قمنا بمقارنتها بنتائج سابقة، فوجدنا أن نتائج الماتلاب أكثر دقة، بالنسبة لتרכيبة الأولى NPH1 وجدنا

$$RMS_M = 0.035 \times 10^{-6} \text{ و } RMS_F = 0.092 \times 10^{-6} \text{، أما التרכيبة الثانية NPE1 فقد وجدنا أن}$$

$RMS_M = 0.09 \times 10^{-6} \text{ و } RMS_F = 0.24 \times 10^{-6}$ ، إذن كلما كانت قيمة RMS أقل كانت النتائج الحسابية أقرب للنتائج النظرية وبالتالي نتائج أدق. كما أن الماتلاب لغة برمجة عملية بالنسبة لحل المشاكل الرياضية، ذلك أن خطوات البرنامج أقل، وأكثر دقة مقارنة بلغات برمجة أخرى.

ومن ثم قمنا بإنجاز تطبيق لنظرية جود-أوفلت، الذي يعرض النتائج المتحصل عليها، وذلك بإستعمال الواجهات الرسومية في الماتلاب، حيث يقوم هذا التطبيق بعرض النتائج وهي قوى الإهتزاز الحسابية  $f_{cal}$ ، معاملات جود-أوفلت  $\Omega_k$ ، إحتمالية الإنتقالات الإشعاعية  $A_{rad}$ ، مدة حياة الإشعاع  $T_{rad}$ ، كذلك جودة التعديل RMS. في واجهة بعد إدخال بيانات الأيون المضاف، وتمثل في الأطوال الموجية المأخوذة من طيف الإمتصاص، المصفوفة U، مصفوفة المعامل C، وقوى الإهتزاز التحريبية  $f_{mes}$ .

يمتاز هذا التطبيق المنجز عن باقي التطبيقات المنجزة، بسهولة الإستعمال، وحسن عرض النتائج، حيث نطمح مستقبلاً في تعديله وتطويره، وجعله أكثر ديناميكية.

الملاحق

## ملخص:

الهدف من هذا العمل تعيين الوسائط الطيفية المميزة للزجاج المضيف للأيونات الترابية النادرة، مثل احتمالية الانتقال الإشعاعي، مدة الحياة الإشعاعية..، و ذلك باستعمال طيف الامتصاص، قمنا بدراسة تستند على نظرية جود-أوفلت، ومن ثمّ نمذجتها في برنامج بلغة الماتلاب، وعرضها بإستعمال الواجهات الرسومية. يمتاز عملنا هذا عن أعمال أخرى مماثلة، بسهولة الإستعمال وحسن عرض النتائج.

**كلمات مفتاحية:** الزجاج، الأيونات الترابية النادرة، الوسائط الطيفية، واجهة رسومية، نظرية جود-أوفلت.

## Résumé:

Le but de ce travail est de trouver les paramètres spectral caractéristique d'un verre hôte des ions terre rare, comme la probabilité de transfert radiatif, la durée de vie .., en utilisant le spectre d'absorption et en se basant sur la théorie de Judd-Ofelt. La modélisation est faite par un programme MATLAB et affiché en utilisant des interfaces graphiques. L'avantage de notre travail, comparé à d'autres travaux similaires, est la facilité d'utilisation et la bonne présentation des résultats.

**Mot Clés :** verre, ions terre rare, paramètres spectral, interfaces graphiques, théorie de Judd-Ofelt.

## Abstract:

The aim of this work is the determination of spectral parameters characterizing glass doped rare earth ions, Radiative transition and radiation lifetime are typical examples of these parameters. We conduct a study based on Judd-Ofelt theory and using an absorption spectrum. We use MATLAB to simulate the theory, and a Graphical User Interface (GUI) to display results. Our work presents a multitude of advantages compared to the other works as it provide a GUI that can easily be manipulated and appropriately display results.

**Key Words:** glass, rare earth ions, spectral parameters, Graphical User Interface, Judd-Ofelt theory.

مصفوفة الإختزال للأيون الترابي  $Er^{+3}$

Transition	$\lambda(\text{nm})$	$(U^{(2)})^2$	$(U^{(4)})^2$	$(U^{(6)})^2$
${}^4I_{13/2} \rightarrow {}^4I_{15/2}$	1533	0,0195	0,1173	1,4316
${}^4I_{11/2} \rightarrow {}^4I_{13/2}$	2777,7	0,0331	0,1708	1,0864
${}^4I_{15/2}$	974	0,0282	0,0003	0,3953
${}^4I_{9/2} \rightarrow {}^4I_{11/2}$	4629.6	0,003	0,0674	0,1271
${}^4I_{13/2}$	1739.1	0,0004	0,0106	0,7162
${}^4I_{15/2}$	811.49	0	0,1732	0,0099
${}^4F_{9/2} \rightarrow {}^4I_{9/2}$	3553.7	0,1279	0,0059	0,0281
${}^4I_{11/2}$	1973.2	0,0704	0,0112	1,2839
${}^4I_{13/2}$	1137.6	0,0101	0,1533	0,0714
${}^4I_{15/2}$	653	0	0,5354	0,4619
${}^4S_{3/2} \rightarrow {}^4I_{9/2}$	1719.7	0	0,0788	0,2542
${}^4I_{11/2}$	1239.3	0	0,0042	0,0739
${}^4I_{13/2}$	848	0	0	0,3462
${}^4I_{15/2}$	548	0	0	0,2211
${}^2H_{11/2} \rightarrow {}^4F_{9/2}$	2545.2	0,3629	0,0224	0,0022
${}^4I_{9/2}$	1467.1	0,2077	0,0662	0,2858
${}^4I_{11/2}$	1114.1	0,0357	0,1382	0,0371
${}^4I_{13/2}$	795.7	0,023	0,0611	0,0527
${}^4I_{15/2}$	522	0,1725	0,4123	0,0925



مصفوفة الإختزال للأيون الترابي  $\text{Ho}^{+3}$

$SLJ$	$S'L'J'$	$\ U^2\ ^2$	$\ U^4\ ^2$	$\ U^6\ ^2$	$SLJ$	$S'L'J'$	$\ U^2\ ^2$	$\ U^4\ ^2$	$\ U^6\ ^2$		
$^3I_4$	$^3H_6(4)$	0.2335	0.1299	0.0019	$^3F_4$	$^3S_2$	0.0001	0.0167	0.0035		
	$^3G_4$	0.0000	0.0388	0.0339		$^3F_3$	0.2001	0.0919	0.0075		
	$^3G_5$	0.0000	0.5257	0.0000		$^3I_4$	0.0002	0.0237	0.2585		
	$^3G_6$	1.5048	0.8315	0.1397		$^3I_5$	0.0016	0.1327	0.4651		
	$^3K_8(2)$	0.0206	0.0307	0.1533		$^3I_6$	0.0011	0.2576	0.1721		
	$^3F_2$	0.0000	0.0000	0.2092		$^3I_7$	0.0000	0.1960	0.0322		
	$^3F_3$	0.0000	0.0000	0.3465		$^3I_8$	0.0000	0.2421	0.7087		
	$^3F_4$	0.0000	0.2421	0.7087		$^3S_2$	$^3F_3$	0.0000	0.0131	0.0058	
	$^3F_5$	0.0000	0.4241	0.5698			$^3I_4$	0.0015	0.0325	0.0285	
	$^3I_6$	0.0086	0.0387	0.6916			$^3I_5$	0.0000	0.0057	0.0932	
	$^3I_7$	0.0250	0.1348	1.5242			$^3I_6$	0.0000	0.0248	0.1421	
	$^3G_5$	$^3F_1$	0.0000	0.0070			0.0566	$^3I_7$	0.0000	0.0000	0.4208
		$^3G_6$	0.0568	0.2598			0.2500	$^3I_8$	0.0000	0.0000	0.2091
$^3K_8(2)$		0.0000	0.0081	0.0009	$^3F_3$	$^3I_4$	0.0001	0.0060	0.0040		
$^3F_2$		0.0000	0.1494	0.0118		$^3I_5$	0.0068	0.0279	0.1637		
$^3F_3$		0.1868	0.1031	0.0331		$^3I_6$	0.0112	0.1242	0.4960		
$^3F_4$		0.2867	0.0236	0.1429		$^3I_7$	0.0190	0.3318	0.4346		
$^3S_2$		0.0000	0.1100	0.0006		$^3I_8$	0.0000	0.4241	0.5698		
$^3F_5$		0.3494	0.0385	0.1183		$^3I_4$	$^3I_5$	0.0313	0.1239	0.9120	
$^3I_4$	0.0000	0.0094	0.0421	$^3I_6$	0.0023		0.0283	0.6638			
$^3I_5$	0.0034	0.0662	0.0576	$^3I_7$	0.0000		0.0033	0.1566			
$^3I_6$	0.1329	0.1768	0.0791	$^3I_8$	0.0000		0.0000	0.0078			
$^3F_3$	$^3I_7$	0.5889	0.0273	0.1133	$^3I_5$	$^3I_6$	0.0437	0.1702	0.5750		
	$^3I_8$	0.0000	0.5257	0.0000		$^3I_7$	0.0028	0.0228	0.8872		
	$^3F_4$	$^3F_4$	0.0969	0.0313		0.0957	$^3I_8$	0.0000	0.0098	0.0939	
		$^3S_2$	0.0070	0.0001		0.0000	$^3I_6$	$^3I_7$	0.0316	0.1330	0.9310
	$^3F_5$	0.0397	0.0807	0.0846		$^3I_8$		0.0086	0.0387	0.6916	
	$^3I_4$	0.0002	0.0982	0.3953		$^3I_7$		$^3I_8$	0.0250	0.1348	1.5242
	$^3I_5$	0.0000	0.2185	0.0179							
	$^3I_6$	0.0000	0.0892	0.2167							
$^3I_7$	0.0000	0.2472	0.2275								
$^3I_8$	0.0000	0.0000	0.3465								