



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي  
جامعة الشهيد حمه لخضر الوادي  
كلية التكنولوجيا  
قسم الهندسة الكهربائية  
مذكرة تخرج



لنيل شهادة الماستر في الهندسة الكهربائية  
تخصص : أنظمة الاتصالات  
تحت عنوان :

## دراسة و متابعة ميدانية لتثبيت شبكة FTTH رفقة مؤسسة اتصالات الجزائر بولاية الوادي - بحي الامير بلدية الرباح كحالة ميدانية -

تحت اشراف:  
- د . غندير السعيد

من اعداد الطلبة:  
- جوادي عبد القادر.  
- بن ثامر محمد الطيب.  
- سعدين فخر الدين.

تمت المناقشة يوم 2022/06/20 من طرف اللجنة

الصفة	مؤسسة الانتماء	العضو
مناقشا	عميد كلية التكنولوجيا	د.شمسة علي
رئيسا	أستاذ بجامعة الوادي	د.أجقو رياض
مشرفا و مقررا	أستاذ بجامعة الوادي	د.غندير السعيد
مساعد مؤطر	إطار بإتصالات الجزائر	السيد سالمى إدريس
مدعو	إطار بإتصالات الجزائر	السيد مفدي حريز
مدعو	إطار بإتصالات الجزائر	السيد غربي صلاح الدين
مدعو	إطار بإتصالات الجزائر	السيد بن خليفة عبد العزيز

الموسم الجامعي 2022/2021

# الإهداء

الحمد لله الذي بنعمته تتم الصالحات لك الحمد حتى ترضى ولك الحمد اذا رضيت و لك الحمد بعد الرضى  
إلى من علمني العطاء وإلى من أحمل اسمه بكل افتخار وأرجو من الله أن يمد في عمرك لترى ثمارا قد حان

قطافها بعد طول انتظار

" ابي الغالي "

الى التي جعل الله الجنة تحت أقدامها الى التي غمرتني بفيض حنانها الى التي احترقت لكي تنير لي دربي الى  
التي جاعت لأشبع وسهرت لأنام وتعبت لأرتاح وبكت لأضحك وسقتني من نبع رقتها وصدقها الى التي ربنتني

صغيرا ونصحتني كبيرا قرّة عيني وفؤادي أطل الله في عمرها وجعلها خيمة فوق رؤسنا

" امي الحبيبة "

اهدي تخرجي إلى من تمنوا لي النجاح والتوفيق والى إخوتي و اخواتي الأعزاء إلى كل من ساندني وإلى

أصدقائي وزملائي وكل من تمنى لي الخير والنجاح.

# شكر و عرفان

عن أبي هريرة رضي الله عنه، أن النبي صلى الله عليه وسلم، قال: " مَنْ لَا يَشْكُرُ النَّاسَ لَا يَشْكُرُ

الله ". رواه البخاري وصححه الألباني

ومن هذا الحديث نتوجه بالشكر و الامتتان إلى كل من ساندنا من قريب أو بعيد في انجاز هذه

المذكرة ونخص بالذكر الأستاذ المشرف

" د. غندير السعيد "

كما نتوجه بالشكر إلى مدير شركة اتصالات الجزائر بالوادي " السيد ... " على فتح باب التربص

لنا ونتقدم بالشكر إلى جميع موظفي شركة اتصالات الجزائر ونخص بالذكر " السيد إدريس

سالمي و السيد غربي صلاح الدين وكل طاقم هندسة الخطوط " على ما قدموه لنا .

كما يشرفنا أن نشكر المدرسة الجهوية لاتصالات الجزائر بورقلة وعلى رأسها مدير المدرسة

" السيد مقدم زكريا " و الأستاذ " مهدي بودودة " على حسن استقبالهم وعلى كل معلومة قدموها

لنا .

ونوجه جزيل الشكر إلى " السيد بن خليفة عز الدين " لاستقباله لنا و مجهوداته المبذولة معنا

التابع إلى المركز التقني بالبياضة .

كما يطيب لنا أن نشكر كل أساتذة و موظفي كلية العلوم و التكنولوجيا بجامعة الشهيد حمه لخضر

بالوادي جعلها الله في ميزان حسناتكم وبارك الله جهودكم.

# الملخص

في ظل التطور الذي يشهده العالم في مجال التكنولوجيا و مع زيادة استخدام الانترنت في السنوات الاخيرة وعدم قدرة الاسلاك النحاسية على توفير متطلبات المستخدمين , فقد أحدثت الألياف البصرية ثورة علمية في مجال الاتصالات خصوصا مجال نقل البيانات ولها عدة استخدامات اخرى, ومن بين استخدامات الألياف البصرية لنقل البيانات نظام الألياف إلى المنازل FTTH , حيث أن لها قدرة كبيرة في نقل البيانات و المعلومات بسرعات عالية من أول مشترك إلى آخر مشترك بنفس السرعة و نفس التدفق , لمسافة تصل إلى 30 كم , ومن خلال هذه الخصائص تم الاستغناء على شبكة النحاس القديمة .

تقوم دراستنا على إعطاء دراسة و متابعة ميدانية لتثبيت شبكة FTTH لحي الأمير بالرياح لولاية الوادي وذلك وفقا للتعليم و البروتوكولات المقدمة من المركز التقني بالبيضاة التابع لاتصالات الجزائر الوادي .

**كلمات مفتاحية:** الألياف البصرية, تثبيت شبكة FTTH, إتصالات الجزائر.

# Abstract

The technology in the world is getting more advanced over the years. The internet became a must in our daily life, thus the regular cables are not efficient anymore. Later on, fiber optic cables were introduced to the field which made a huge difference in terms of performance, especially in transforming data, also it has other uses such as the home data transforming service FTTH which has the ability to transfer data within seconds from one to another for up to 30KMs. Our studies are based on giving statistics and analytics about the setup process of the FTTH network at hai el amir, El Rabbah in EL OUED, by the instructions and protocols provided by the technical centre of el BIYADAH city which is a branch of Algeria telecom in EL OUED.

**Keywords :** fibre optic ,FTTH installation ,Algeria Telecom.

# الفهرس

الإهداء

شكر و عرفان

الملخص

الفهرس

قائمة الأشكال و الصور

قائمة الجداول

## الفصل الاول الجانب النظري

### المحور الاول الالياف البصرية

- 4 ..... المقدمة :
- 4 ..... 1- تعريف الألياف البصرية :
- 4 ..... 2 - تاريخ الألياف البصرية :
- 6 ..... 3- مبدأ عمل الألياف البصرية :
- 6 ..... 4- انواع الالياف البصرية :
- 7 ..... 1.4- ألياف متعددة النمط وبمعامل انكسار عتبي ( multimod step index fiber ) :
- 7 ..... 2.4- ألياف متعددة النمط وبمعدل انكسار متدرج ( multimod graded index fiber ) :
- 7 ..... 3.4- ألياف أحادية النمط ( Single mode fibers ) :
- 8 ..... 5- خواص الألياف البصرية :
- 8 ..... 1.5- فتحة النفوذ التعددية ( Numerical apertur ) :
- 8 ..... 2.5- التوهين ( Attenuation ) :
- 9 ..... 3.5- التشتت ( Dispersion ) :
- 10 ..... 6- زاوية القبول ( acceptance angle ) :
- 11 ..... 1.6- الانعكاس الكلي ( total reflection ) :
- 11 ..... 7- أنماط الانتشار في الألياف البصرية ( Propagation modes ) :
- 12 ..... 8- التردد المقاس
- 13 ..... 9- الامتصاص في الالياف الضوئية:
- 13 ..... 10- خسارة الانحناء في الالياف الضوئية:
- 14 ..... 11- مميزات الألياف البصرية:
- 15 ..... 12- استخدامات الألياف البصرية:
- 16 ..... خاتمة:

### المحور الثاني المرسلات و المستقبلات البصرية

- 17 ..... المرسلات البصرية:
- 17 ..... المقدمة :
- 17 ..... 1- الليزر :
- 18 ..... 2- الطيف الضوئي :
- 18 ..... 1.2- مناطق الطيف الضوئي :

18	2.2- توضيح للأطوال الموجية للطيف المرئي :
19	3- أنواع الليزر:
19	1.3- الليزر الغازي :
19	2.3- الليزر البللوري :
20	3.3- ليزر أشباه الموصلات :
21	4.3- ليزر السوائل :
22	4- مبدأ الليزر:
23	5- فيزياء أنصاف النواقل :
23	1.5- الإنبعاثات التلقائية و المستحثة :
24	المستقبلات البصرية:
24	المقدمة:
24	1- أنواع المستقبلات البصرية الشائعة:
24	1.1- الثنائيات الضوئية P-N ( P-N Photodiodes ):
25	2.1- الثنائيات الضوئية P-I-N ( P-I-N Photodiodes ) :
26	3.2- ثنائي ضوئي شلالي ( avalanche photodiode أو single-photon avalanche diode ) :
27	4.1- ثنائي الضوء MSM ( Metal–Semiconductor–Metal ) :
28	خاتمة:

### المحور الثالث شبكة FTTH

30	مقدمة :
30	1- تعريف الاليف الضوئية الى المنازل FTTH :
31	2- هندسة شبكات FTTx :
31	1.2- الاليف الى الرصيف FTTC :
32	2.2- الاليف الى نقطة التوزيع FTTDp:
32	3.2- الاليف الى المبنى FTTB:
33	4.2- الاليف الى المنازل FTTH:
33	3- طبولوجيا و تكنولوجيا شبكة FTTH:
33	1.3- طبولوجيا من نقطة الى نقطة P2P
34	2.3- طبولوجيا من نقطة الى عدة نقاط P2MP:
34	4- أجهزة تركيب شبكة الاليف الى المنزل FTTH:
34	1.4- محطة الخط البصري OLT (Optical Line Terminal):
35	2.4- اطار التوزيع البصري ODF:
35	3.4- الموزعات الفرعية البصرية SRO:
36	4.4- صندوق توزيع الاليف PBO:
37	5.4- المحطة الطرفية الشبكة الضوئية ONT:
37	5- وحدة الشبكة الضوئية (ONU) و محطة الشبكة الضوئية (ONT) :
38	6- مميزات الاليف الضوئية الى المنازل FTTH مقارنة بالاسلاك النحاسية:
38	7- خصائص شبكة الاليف الى المنازل FTTH:
39	خاتمة:

### الفصل الثاني دراسة و متابعة ميدانية لتثبيت شبكة FTTH بحي الأمير برباح كحالة ميدانية

41	المقدمة :
41	1- متابعة ميدانية حول تثبيت شبكة FTTH بحي الأمير برباح بولاية الوادي:
41	1.1- هندسة الخطوط ( CIL ) :

41	2.1- صورة جوية لحي الأمير بارباح بولاية الوادي:
42	3.1- تثبيت شبكة FTTH :
42	(a)- مرحلة الدراسة الأولية:
49	(b)- مرحلة الدراسة النهائية :
50	2- جزء النقل ( Transportation Part ):
56	1.2- شرح عملية تمرير الكابل عبر القناة :
57	3- جزء التوزيع ( Distribution Part ):
61	1.3- شرح عملي لكيفية توصيل الالياف بالمعدات:
71	خاتمة:

# قائمة الأشكال و الصور

## الفصل الاول الجانب النظري

### المحور الاول الالياف البصرية

- الشكل 1: مكونات الليف البصري ..... 4
- الشكل 2: زاوية الانعكاس و الانكسار ..... 6
- الشكل 3: الليف متعدد النمط بمعامل انكسار عتبي ..... 7
- الشكل 4: الليف متعدد النمط بمعامل انكسار متدرج ..... 7
- الشكل 5: ليف احادي النمط ..... 7
- الشكل 6: التشتت اللوني ..... 9
- الشكل 7: التشتت النموذجي ..... 9
- الشكل 8: التشتت النموذجي المستقطب ..... 10
- الشكل 9: زاوية القبول ..... 10
- الشكل 10: الانعكاس الكلي ..... 11
- الشكل 11: أنماط الانتشار ..... 12
- الشكل 12: العلاقة بين ثابت الانتشار المقيس و التردد المقيس ..... 13

### المحور الثاني المرسلات و المستقبلات البصرية

- الشكل 1: مكونات جهاز الإرسال البصري ..... 17
- الشكل 2: الطيف المغناطيسي ..... 19
- الشكل 3: الليزر الغازي ..... 19
- الشكل 4: الليزر البلوري ..... 20
- الصورة 1: ليزر أشباه الموصلات ..... 21
- الصورة 2: ليزر السوائل ..... 21
- الشكل 5: الأجزاء الأساسية لليزر ..... 23
- الشكل 6: العمليات الثلاث الأساسية التي تحدث بين مستويي الطاقة لذرة ..... 23
- الشكل 7: مكونات جهاز للمستقبل البصري ..... 24
- الشكل 8: (A) الثنائي الضوئي p - n تحت التحيز العكسي ..... 25
- الشكل 9: (A) الثنائي الضوئي p - i - n تحت التحيز العكسي ..... 26
- الشكل 10: APD مع توزيع المجال الكهربائي داخل طبقات مختلفة تحت التحيز العكسي ..... 27
- الشكل 11: الكاشف الضوء MSM ..... 27

### المحور الثالث الشبكة الضوئية إلى المنازل FTTH

- الشكل 1: يوضح شبكة الالياف الى المنازل المختلفة FTTX ..... 31
- الشكل 2: يوضح شبكة الالياف الى الرصيف FTTC ..... 31
- الشكل 3: يوضح شبكة الالياف الى نقطة التوزيع FTTP ..... 32
- الشكل 4: يوضح شبكة الالياف الى المبنى FTTB ..... 32
- الشكل 5: يوضح شبكة الالياف الى المنزل FTTH ..... 33
- الصورة 1: محطة الخط البصري OLT ..... 34
- الصورة 2: اطار التوزيع البصري ODF ..... 35
- الصورة 3: الموزعات الفرعية البصرية SRO ..... 36
- الصورة 4: صندوق توزيع الالياف PBO ..... 36

37	الصورة 5 : المحطة الطرفية الشبكية الضوئية ONT.....
38	الشكل 6 : يوضح وحدة الشبكة الضوئية ONU و محطة الشبكة الضوئية ONT.....
	<b>الفصل الثاني دراسة و متابعة ميدانية لتثبيت شبكة FTTH بحي الأمير برباح كحالة ميدانية</b>
41	الصورة 1: صورة جوية لحي الأمير.....
49	الصورة 2: شبكة FTTH.....
50	الصورة 3: صورة جوية لموقع OLT.....
51	الصورة 4: صورة جوية لموقع SRO.....
51	المخطط 1: المسار الذي سيمر به الكابل من OLT إلى SRO.....
52	الصورة 5: الألياف الموصولة ب OLT.....
52	الصورة 6: الألياف الموصولة ب ODF.....
55	صورة 7: صورة حقيقية للمسار الذي سيسلكه الكابل.....
55	الصورة 8: نظرة داخل قناة النقل.....
56	الصورة 9: طريقة السحب.....
56	الصورة 10: طريقة الضغط بالهواء.....
57	المخطط 2: مسار الكابل لجزء التوزيع.....
58	المخطط 3: تموضع PBO عبر المنطقة.....
59	المخطط 4: المناطق الثلاثة A و B و C.....
61	الصورة 11: تموضع PBO.....
62	الصورة 12: توصيل الاليف بSRO.....
62	الصورة 13: صورة توضح باقي عناصر SRO.....
63	الصورة 14: مخطط الحي السكني A مع كيفية توصيله بSRO.....
69	الصورة 15: صورة توضح كيفية ربط الاليف ب PBO.....
70	الصورة 16: صور واقعية لPBO بعد التركيب.....
76	الصورة 17: جهاز OTDR.....
77	الصورة 18: جهاز Power Meter.....
77	الصورة 19: جهاز Power Meter.....
77	الصورة 20: جهاز Multi-Network Cable Tester.....
78	الصورة 21: جهاز Fiber Optic Inspection Scope.....
78	الصورة 22: آلة اللحم.....
78	الصورة 23: آلة القطع.....
79	الصورة 24: قاطع الليف.....
79	الصورة 25: مزيل غمد الكابل.....
79	الصورة 26: اللاصق المذاب بالحرارة.....
80	الصورة 27: بكرة تنظيف موصل الفيبر.....
80	الصورة 28: منظم اللمساة الواحدة.....
80	الصورة 29: ممسحة الكحول.....
81	الصورة 30: ممسحة تنظيف.....
81	الصورة 31: صورة توضح كيفية إدخال الغلاف الواقي.....
82	الصورة 32: صورة توضح كيفية تجريد الليف.....
82	الصورة 33: طريقة تنظيف الفيبر.....
83	الصورة 34: آلة القطع.....
84	الصورة 35: وضع الليف في آلة القطع.....

- 84 ..... الصورة 36: عملية قطع الليف.
- 85 ..... الصورة 37: طريقة وضع الليف في آلة اللحم.
- 85 ..... الصورة 38: وضع الليف الثاني في آلة اللحم.
- 86 ..... الصورة 39: صورة تظهر رأسي الليف.
- 87 ..... الصورة 40: صورة تظهر نسبة الخسارة و حالة اللحم.
- 87 ..... الصورة 41: إصاق الغلاف الواقي بالحرارة.
- 88 ..... الصورة 42: تقدم عملية التسخين.
- 88 ..... الصورة 43: الليف بعد إكمال عملية التسخين.

# قائمة الجداول

## الفصل الاول الجانب النظري

- الجدول 1 : أبعاد أنواع الألياف البصرية و فتحة النفوذ العددية ..... 8
- الفصل الثاني دراسة و متابعة ميدانية لتثبيت شبكة FTTH بحي الأمير برباح كحالة ميدانية
- الجدول 1: عدد العملاء المحتملين في المنطقة..... 44
- الجدول 2: عدد المعدات اللازمة لتغطية المنطقة..... 48
- الجدول 3: يوضح كيفية ربط الاليف ببعض..... 68
- الجدول 4: توزيع PBO على الكابل FO-36..... 69

# قائمة الاختصارات

## A

**ADSL** : Asymmetric Digital Subscriber Line

**APS** : Avant Project Sommair

**APC** : Angle Polished Connector

**APD** : Après Project Detaille

## C

**CO** : Central Office

**CO2** : Carbon Dioxide

**CW** : Continuous wave

**CIL** : Centre Ingénierie des Lignes

**CMSO** : Centre de Maintenance Support Optique

## D

**DSL** : Digital Subscriber Line

## E

**ELM** : Epon Link Module

**E-PON** : Ethernet Passive Optical Line

**ES** : Energy Source

## F

**FTTH** : Fiber To The Home

**FTTX** : Fiber To The X

**FTTC** : Fiber To The Cueb

**FTTDp** : Fiber To The Distribution Point

**FTTB** : Fiber To The Building

**FO** : Fibre Optique

## **G**

**G-PON** : Gigabit Passive Optical Network

**GM** : Gain Medium

## **L**

**LASER** : Light Amplification by Stimulated Emission of Radiatio

**LED** : Light Emitting Diode

## **I**

**IP** : Internet Protocol

**IEEE** : Institute of Electrical and Electronics Engineers

**IPA** : Internet Protocol Address

## **J**

**JC** : Joint Optique

## **M**

**MSM** : Metal Semiconductor Metal

## **N**

**NG** : Next Generation

**NGA** : Network Graphic Annunciator

## **O**

**OLT** : Optical Line Termination

**ODF** : Optical Distribution Frame

**ONT** : Optical Network Terminal

**OTDR** : Optical Time Domain Reflectometer

## **P**

**P2P** : Point To Point

**P2MP** : Point To Multi Point

**PON2** : Passive Optical Network To

**POP** : Point Of Presence

**PIN** : Positive Intrinsic Negative photodiode

**PBO** : Point de Branchement Optique

## **S**

**SRO** : Sous Répartiteur Optique

## **V**

**VDSL2** : Very highbit rate Digital Subscriber Line

**VDSL** : Very highbit rate Digital Subscriber Line

## مقدمة عامة

أصبح وجود الانترنت ضروريا في أي منزل أو مقر عمل يلزمنا لتعاملاتنا اليومية , ومع تطور التكنولوجيا وزيادة خدمات المستخدمين للانترنت فان الكابلات النحاسية لم تعد تفي بالغرض وأصبحت لا توفر حاجيات المستخدمين, حيث ان تكنولوجيا الجيل الخامس تقنية فرضت نفسها يجب التوجه إليها للحاق بالدول الأخرى حيث تتطلب وسائل وخطوط نقل عالية السرعة , وهذا ما فرض استخدام الألياف البصرية لإعطاء تدفق عالي للبيانات التي تصل إلى مئات الجيغابايتات ,ومن بين استخدامات الألياف البصرية شبكة الألياف البصرية إلى المنازل FTTH .

حيث بدأت متابعتنا لتثبيت شبكة FTTH بالتوجه إلى المدرسة الجهوية لاتصالات الجزائر بورقلة وذلك قصد اخذ نظرة أولية و عامة حول هذه الشبكة , وعلى أساس هذه النظرة تبدأ متابعتنا لتثبيت شبكة الألياف البصرية إلى المنازل FTTH بحي الأمير بالرباح ولاية الوادي وذلك رفقة شركة اتصالات الجزائر التي أقمنا بها تربص تطبيقي في مراكزهم التقنية خلال هذا العام .

ومن خلال هذه الدراسة اعددنا مذكرتنا وقسمناها إلى فصلين :الفصل الأول نظري و الفصل الثاني دراسة ومتابعة ميدانية لتثبيت شبكة FTTH بحي الامير بالرباح كحالة ميدانية.

حيث تطرقنا في الفصل النظري إلى ثلاث محاور : المحور الأول تحدثنا على الألياف البصرية و استخدامها في الاتصالات , أما المحور الثاني تناولنا فيه المرسلات و المستقبلات البصرية , وفي الأخير تطرقنا في المحور الثالث إلى شبكة الألياف البصرية إلى المنازل FTTH.

أما فصل الدراسة و المتابعة الميدانية فبدأت دراستنا بزيارة إلى عين المكان , ثم أخذنا صورة للمنطقة المراد تثبيت شبكة FTTH فيها بالساتل ثم قمنا بإحصاء عدد المساكن لحساب عدد المعدات اللازمة لتغذية المنطقة كمرحلة أولى التي تعرف بملخص الدراسة الأولية APS وهي إحصائيات قابلة للتغيير ولا تعتبر نهائية , أما المرحلة النهائية والتي تعرف بالدراسة المفصلة و النهائية APD وهي مرحلة مهمة وأكثر عملية من المرحلة الأولى وهي المرحلة التي تحدد النتائج النهائية , وتنقسم إلى قسمين : جزء النقل وجزء التوزيع و قد تناولنا في كل جزء الأجهزة المستعملة و أنواع الكوابل و أنواع القنوات المستخدمة و

لماذا اخترنا كل نوع وجهاز , كما دعمناها بصور و مخططات من عين المكان توضح مكان كل جهاز  
استخدمناه.

# الفصل الأول

الجانب النظري

# المحور الأول

الألياف البصرية

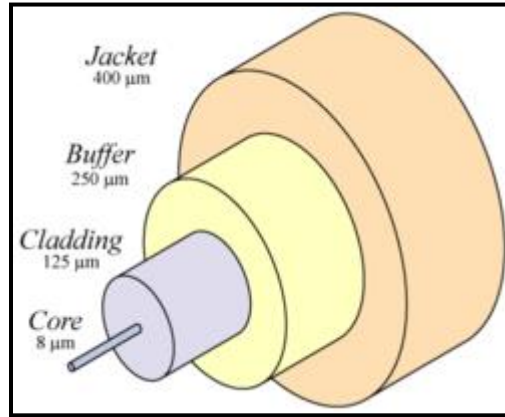
## المقدمة :

الألياف البصرية أو الضوئية تعتبر من التقنيات الجديدة حيث أتاحت نقل المعلومات لمسافات طويلة وذات نسبة فقدان للمعلومات والبيانات المنقولة أقل من الأسلاك الأخرى وفي ظل التطور الكبير في مجال الاتصالات أصبحت الألياف البصرية محط اهتمام , وأصبحت الخيار الأول في مختلف المجالات التي تتطلب نقل وأداء عالي وسريع للمعلومات والبيانات. [1]

## 1- تعريف الألياف البصرية :

هي عبارة عن ألياف من الزجاج النقي , تكون رفيعة وطويلة حيث لا يتعدى سمكها الشعرة . تجمع هذه الألياف على شكل حزم في داخل الكابلات البصرية تستخدم هذه الألياف لنقل المعلومات لمسافات بعيدة على شكل إشارات ضوئية , وتتكون الألياف البصرية على الشكل التالي :

- القلب (core) : هو وسط ومركز الليف البصري ويتكون من الزجاج الرفيع .
- العاكس (cladding) : وهي مادة مصنوعة من السيليكا تحيط بقلب الليف البصري هدفها عكس الضوء .
- الغطاء الواقي (buffer coating) : يعمل هذا الغطاء على حماية الليف البصري من التلف والعوامل الخارجية ويكون من البلاستيك .
- الغطاء الخارجي (jacket) : يعمل هذا الغطاء على حماية مجموعه من الألياف البصرية الموجودة بداخله على شكل حزم . [2]



الشكل 1: مكونات الليف البصري [2]

## 2 - تاريخ الألياف البصرية :

منذ عقود استخدم الضوء للاتصال ونقل المعلومات بين البعض عن طريق استخدام المصابيح و المرايا العاكسة مع أن هذه الطريقة ناجحة إلا أن كمية المعلومات التي يتم نقلها محدودة و تكون هذه المعلومة غير محمية ويمكن لاين كان الإطلاع عليها وتتأثر بالعوامل الخارجية لذلك حاول الإنسان تطوير وتضمين طرق الاتصال عن طريق الضوء وفي إطار ذلك ظهرت الألياف البصرية ويمكن توضيح تطورها في التسلسل الزمني التالي:

- 1791 : قام العالم الفرنسي كلود شابي (Claude Chappe) بمحاولة أولى فعلياً لاستخدام الإشارات وذلك عن طريق مجموعة من الابراج .

- من 1854 إلى 1870 : قام العالم جون تيندل (John Tyndall) بإظهار لجمعية الملكية إن الشعاع الساقط ينكسر مقتربا من عمود المقام لسطح الماء خلال مروره من الهواء إلى الماء, وينكسر مبتعدا من العمود خلال مروره من الماء إلى الهواء , وينعكس الشعاع الساقط داخل الماء بشكل كامل اذا كانت الزاوية ما بين عمود المقام و الشعاع الساقط , وتدعى هذه الزاوية بالزاوية المقيدة للوسط (In english : Limiting Angle), وكل وسط يكون لديه زاوية معينة فمثلا في الماء تكون هذه الزاوية و في زجاج الصوان تكون و في الألماس تكون .

- 1880 : قام العالمان الكسندر جراهام (Alexander Graham) و سومر تاينتر ( Sumner Tainter) في مختبر الموجود في واشنطن باختراع فوتوفون " Photophone " الذي يعمل على نقل إشارة صوتية في شعاع من الضوء , حيث وضع مرآة ثم ركز ضوء الشمس عليها وقاما بالتحدث على آلية اهتزاز المرآة في الجانب المتلقي إذ التقط الكاشف اهتزازات وفك الصوت مرة أخرى , و لكنها لم تنجح وذلك لعدم توفر المصادر المناسبة بالإضافة الاضطرابات الجوية ( المطر, الثلج, الغبار, الضباب ) مما حد من إمكانية استخدام هذه التقنية.

- 1880 : قام ويليام ويلر (William Wyler) باختراع النظام الضوئي المعتمد على الأنايب المغلفة بطبقة عاكسة من الداخل هدفها إضاءة المنزل وتوجيه الإضاءة حوله باستخدام المصباح الكهربائي .

- 1888 : قام الفريق الطبي في فيينا باستخدام قضبان مثنية زجاجيه مثنية مضاءة هدفها إظهار التجويف الموجودة في الجسم .

- 1895 : قام المهندس هنري إتيان سانت كلير ديفل (henri sainte-claire deville) بتصميم نظام يسمح بتوجيه خفيف لصور عن طريق القضبان المثنية الزجاجية .

- 1898 : كان أول طلب للحصول على براءة اختراع من طرف الأمريكي ديفيد سميث (David Smith) على مصباح جراحي من القضبان الزجاجية المثنية .

طلب البحث جون لوجي بيرد (john logie baird) في العشرينيات من القرن 20 بالحصول على براءة اختراع على استعمال صفائف من القضبان تعمل على نقل الصور للتلفزيون .

- 1930 : قام طالب الطب هاينريش لام (heinrih lamm) بجمع الألياف البصرية لحمل صورته وكان هدفه من هذه التجربة النظر إلى أماكن لا يمكن الوصول لها في الجسم وقد ابلغ عن نجاح التجربة ولاكن كانت الصورة رديئة جدا .

- 1954 : قام العالم هوبكنز (hopkins) ابلغ عن حزم من الألياف غير مغلفة لتصوير وفي نفس العام ابلغ العالم أبراهام فان هيل (abraham van hill) عن حزم من الألياف المغلفة وكان الهدف هو حماية سطح الانعكاس في الألياف من العوامل الخارجية ويقلل من التداخل بين الألياف.

- 1961 : قام العالم الياس سنازر (elias snazer) بنشر نظرية حول الألياف أحادية النمط ذات قلب صغير , تحمل هذه الألياف الضوء باستخدام وضع موجي واحد , كانت الفكرة على ما يرام بالنسبة لجانب الطبي ولكن كانت تحصل خسارة لديسيل في المتر الواحد أما أجهزة الاتصالات تعمل على مسافات طويلة جدا وتتطلب أن لا تزيد الخسارة على 10 أو 20 ديسيبل في كل كيلو متر .

- 1964: قام الدكتور تشارلز كوين كاو (CK Kao) بتحديد نظريته تحمل المواصفات المطلوبة لأجهزة الاتصالات ذات مسافات بعيدة حيث كانت المواصفات يحدث فيها فقدان 10 أو 20 ديسيبل في كل كيلو متر الواحد , كما أكد الدكتور على نقاوة الزجاج للتقليل من خسارة الضوء .

- 1970 : بدأت تجربة السليكا المزهر من قبل فريق من الباحثين , وتعد مادة السليكا قادرة على أنها تكون شديدة النقاوة , قام الباحثون روبرت كورنر (Robert korner) و دونالد كيك (Donald keck) و بيتر شولتز (Peter C. Schult) باختراع سلك الألياف البصرية قادر على حمل المعلومات أكثر من الأسلاك النحاسية ب 65000 مره, يسمح هذا السلك بنقل المعلومات لمسافات بعيدا جدا عن طريق موجات من الضوء .

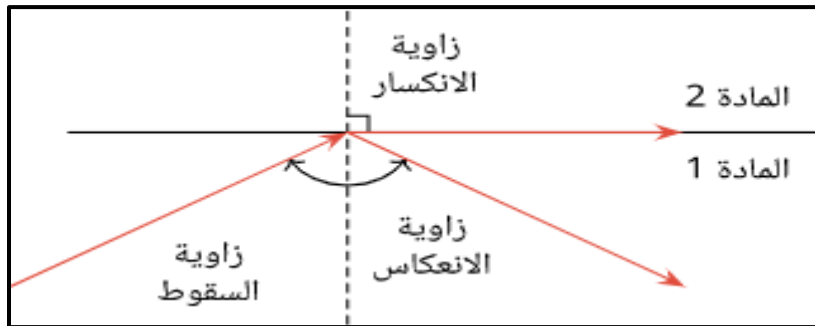
- 1975 : قررت الولايات المتحدة استخدام الألياف الضوئية لربط الحواسيب بمقر NORAD بجبل شايان لمنع التداخل .

- 1977 : تم لأول مره تركيب نظام اتصالات هاتفية ضوئية في مدينة شيكاغو وكانت على بعد 1.5 ميل وسط المدينة , وكانت الألياف الضوئية تحمل قرابة 672 قناة صوتيه . [4] [5]

وفي نهاية هذا القرن أصبح 80% من العالم يعتمد على الألياف البصرية .

### 3- مبدأ عمل الألياف البصرية :

تنتقل المعلومات والبيانات في الألياف البصرية على شكل جسيمات ضوئية حيث يعتمد الليف البصري في مبدئه على انعكاس وانكسار الضوء الداخلي الكلي , عند انتقال الضوء في الليف يكون معامل الانكسار مختلف حيث عند انتقال الضوء من وسط معامل الانكسار فيه كبير إلى وسط معامل الانكسار اقل فان الضوء أو الشعاع المنكسر يبتعد عن العمود أي أن زاوية الانكسار تكون اكبر من زاوية السقوط وكما زادت زاوية السقوط زادت معها زاوية الانكسار و شدة الشعاع النافذ وشدة الشعاع المنعكس , لا تنتقل الإشارات الضوئية عبر الألياف البصرية بسرعة الضوء وذلك بسبب طبقات الزجاج الكثيفة ولكنها تنتقل بسرعة عالية جدا , تعمل المرايا علي تقادي مشاكل الانحناءات و المنعطفات وذلك بإرجاع الضوء إلى مساره الصحيح حيث تكون المرايا موضوعة بزوايا محددة . [11]



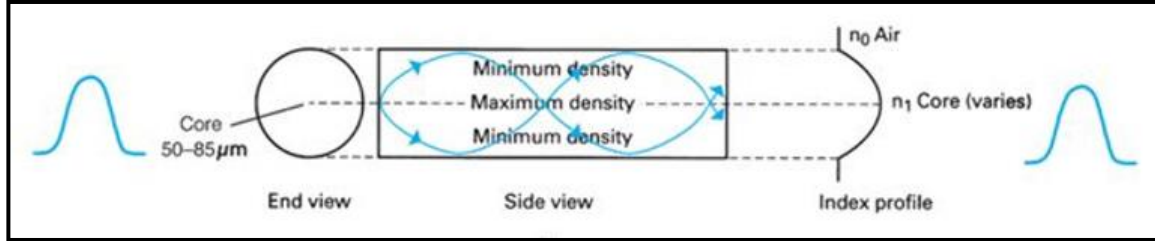
الشكل 2 : زاوية الانعكاس و الانكسار [11]

### 4- انواع الاليف البصرية :

تصنف الألياف البصرية إلى ثلاثة أنواع :

1.4- ألياف متعددة النمط وبمعامل انكسار عتبي (multimod step index fiber) :

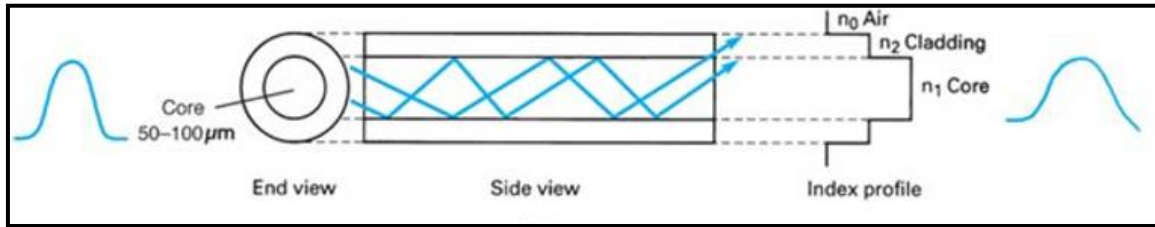
يتميز هذا الليف بكبر قطر اللب وفتحت النفوذ العددية التي تسمح بدخول الضوء بكمية كبيرة للليف البصري ويتكون هذا النوع من جزئين أساسيين هما اللب والغشاء ويكون اللب في مركز الليف يصنع هذا الليف البصري من عدة عناصر مختلفة من السليكا المطعمة أو الزجاج ومركباته. [6]



الشكل 3 : الليف متعدد النمط بمعامل انكسار عتبي [6]

2.4- ألياف متعددة النمط وبمعامل انكسار متدرج (multimod graded index fiber) :

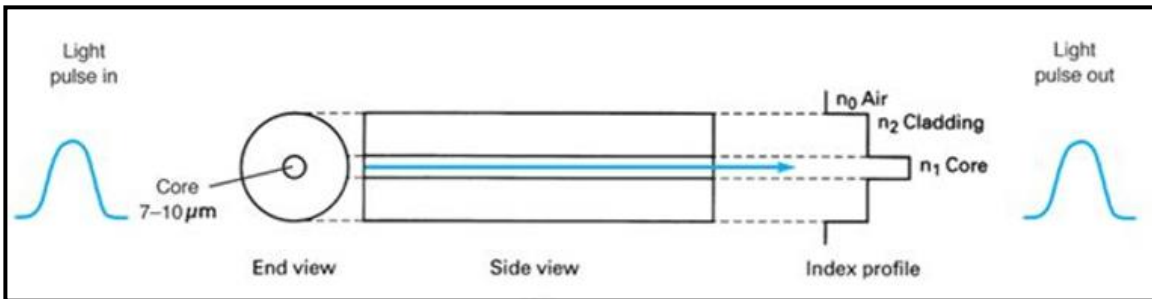
يكون معامل الانكسار في هذا النوع متدرج من مركز الليف حيث ترتفع أعلى قيمه له وتنخفض بشكل تدريجي نحو الكساء الواقى ويكون معامل الانكسار فيه ثابت ويصنع هذا النوع من عناصر زجاجيه أو السليكا المطعمة ويكون أداء هذا النوع أفضل من الألياف متعددة النمط وبمعامل انكسار عتبي ويستخدم هذا النوع من الألياف للمسافات المتوسطة. [6]



الشكل 4 : الليف متعدد النمط بمعامل انكسار متدرج [6]

3.4- ألياف أحادية النمط (Single mode fibers) :

قد تكون حالياً معظم الألياف أحادية النمط الموجودة ذات معامل انكسار عتبي كما أن عرض النطاق في الليف كبير جداً , ويكون قطر اللب في هذا الليف صغير جداً أما بالنسبة للكساء يبلغ حجمه أضعاف قطر اللب وذلك لمنع وتقليل من نسبة فقدان الموجات التي تنكسر داخل الكساء , ويتميز هذا النوع بنوعيته الممتازة ويستعمل للمسافات الطويلة. [6]



الشكل 5 : ليف احادي النمط [6]

فتحة النفوذ العددية	قطر الغلاف الواقي	قطر الكساء	قطر اللب	الألياف
0.16-0.5	250-1000	125-500	50-400	ألياف متعددة النمط ويعامل انكسار عتبي
0.2-0.3	250-1000	100-150	30-60	ألياف متعددة النمط ويعامل انكسار متدرج
0.08-0.15	250-1000	3-10	3-10	ألياف أحادية النمط

الجدول 1 : أبعاد أنواع الألياف البصرية و فتحة النفوذ العددية

## 5- خواص الألياف البصرية :

تمتلك الألياف البصرية ثلاث خواص يمكن توضيحها في ما يلي : [7]

### 1.5- فتحة النفوذ العددية ( Numerical apertur ) :

اقتصر الضوء في اللب البصري وقوع شعاع ضمن زاوية معينة ويطلق على هذه الزاوية زاوية القبول  $\sin$  ويطلق عليها فتحة النفوذ العددية .  
عبارتها الرياضية :

$$NA = \sqrt{N_1^2 - N_2^2} = N_0 \sin \phi \dots\dots\dots(1.1 \text{ المعادلة})$$

يمكن التعبير عن NA بدلالة الفارق النسبي ( $\Delta$ ) بين  $N_1$  و  $N_2$  كالتالي :

$$NA = n_1 \sqrt{2\Delta} \dots\dots\dots(2.1 \text{ المعادلة})$$

تحسب قيمة ( $\Delta$ ) بالعلاقة :

$$\Delta = \frac{n_1^2 - n_2^2}{2n_1^2} \dots\dots\dots(3.1 \text{ المعادلة})$$

حيث :

تأخذ قيمة ( $\phi$ ) بين الصفر و  $90^\circ$ .

\* NA : بين الصفر و الواحد.

\* تكون ( $\Delta$ ) عادة أقل من الواحد.

\*  $N_0$  : معامل انكسار الوسط الفاصل بين منبع الضوء و الليف.

\*  $N_1$  : معامل انكسار اللب.

\*  $N_2$  : معامل انكسار الكساء.

### 2.5- التوهين ( Attenuation ) :

يعتبر احد العناصر الأساسية في تقويم أنظمة الاتصالات حيث عند انتشار الموجات الحاملة في القناة تتعرض لتوهين نتيجة لعوامل عديدة مثل لامتناس و التناثر , يجب استعمال قنوات اتصال بأقل توهين ممكن لكي تتمكن الموجة الحاملة في الانتشار أطول مسافة ممكنة في قنوات لألياف البصرية , لتوهين دور أساسي في اختيار أنواع الليف , فقد الضوء يعتمد على الطول الموجي للضوء المستخدم حيث يزيد عند بعض الأطوال الموجية وينقص عند بعض الأطوال , حيث يزداد امتصاص جزيئات (OH) لضوء عند بعض الأطوال ويقبل عند أطوال موجية أخرى , قيمة التوهين لليف البصري تقاس بوحدة الديسيبل وذلك قصد التعبير عن النسبة الموجودة بين الطاقة الضوئية المستقبلة والمرسلة في الليف البصري .

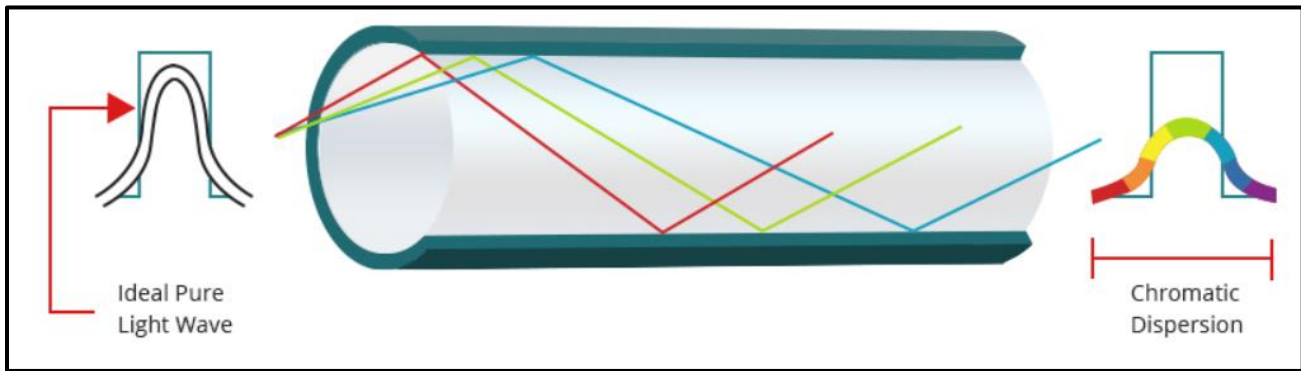
### 3.5- التشتت (Dispersion) :

هو عملية انتشار و توسيع إشارة الإدخال عند انتقالها أو انتشارها إلى أسفل الليف وينقسم تشتت الألياف البصرية إلى ثلاث أقسام : التشتت اللوني , التشتت النموذجي , التشتت النموذجي المستقطب .

#### 1.3.5- التشتت اللوني (chromatic dispersion):

التشتت اللوني هو ظاهرة انتشار الإشارة بمرور الوقت الناتج عن السرعات المختلفة لأشعة الضوء, التشتت اللوني هو مزيج من تأثيرات تشتت المواد والدليل الموجي.

ينتج تشتت المواد عن اعتماد الطول الموجي لمعامل الانكسار على مادة الألياف الأساسية و يحدث تشتت الدليل الموجي بسبب اعتماد ثابت انتشار النمط على معاملات الألياف (نصف القطر الأساسي والفرق بين مؤشرات الانكسار في قلب الألياف وتكسية الألياف) وطول موجة الإشارة عند بعض الترددات الخاصة ، يمكن لهذين التأثيرين إلغاء بعضهما البعض لإعطاء طول موجي مع تشتت لوني تقريبًا. [9] [10]

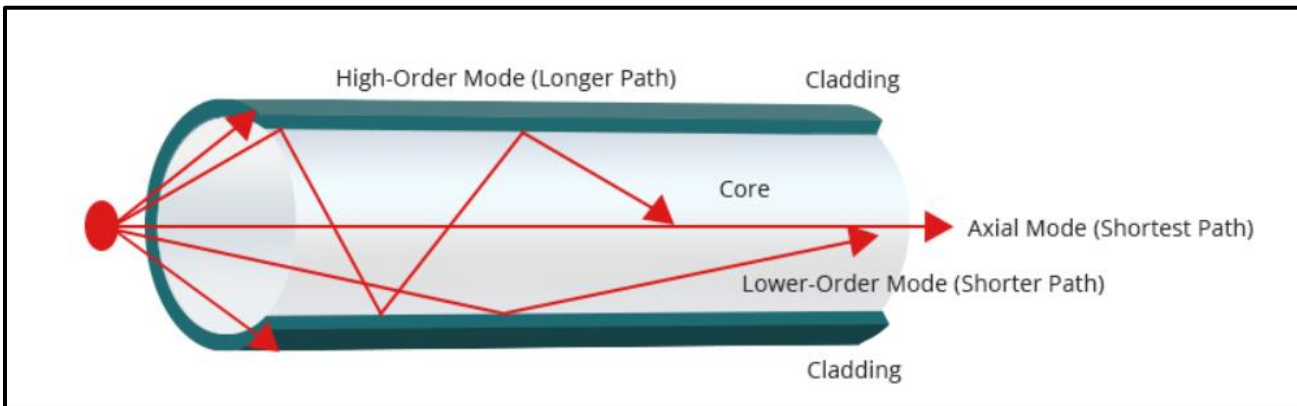


الشكل 6 : التشتت اللوني [10].

#### 2.3.5- التشتت النموذجي (modal dispersion) :

التشتت النموذجي هو آلية تشويه تحدث في الألياف متعددة الأنماط حيث تنتشر الإشارة في الوقت المناسب بسبب سرعة الانتشار المختلفة لجميع الأنماط كما نعلم ، فإن أشعة الضوء التي تدخل الألياف في زوايا مختلفة من الوقوع ستمر عبر مسارات وأوضاع مختلفة. ستنتقل بعض هذه الأشعة الضوئية مباشرة عبر مركز الألياف (احادي النمط) بينما يتردد البعض الآخر بشكل متكرر عن حدود الكسوة / النواة لتتعرض في طريقها على طول الدليل الموجي مع مؤشر خطوة للألياف متعددة الأنماط عندما يكون هناك ارتداد يحدث تشتت مشروط (أو تشتت متعدد الوسائط), حيث كلما زاد طول المسار زاد تشتت النموذج.

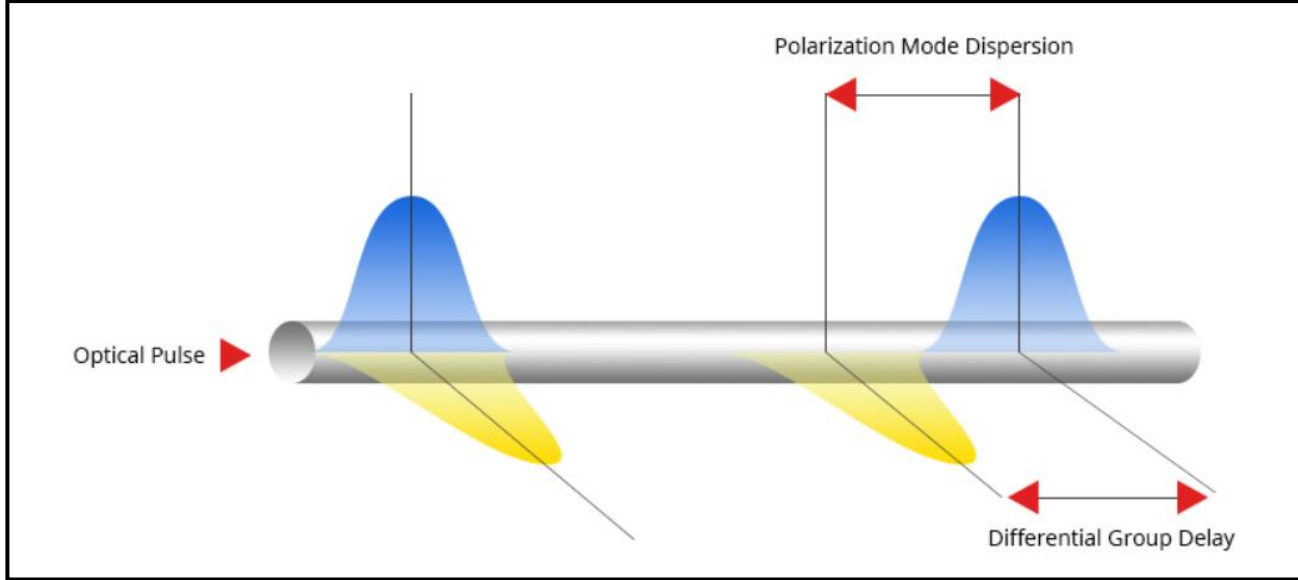
[9] [10]



الشكل 7 : التشتت النموذجي [10].

## 3.3.5- التشتت النموذجي المستقطب (polarisation mode dispersion):

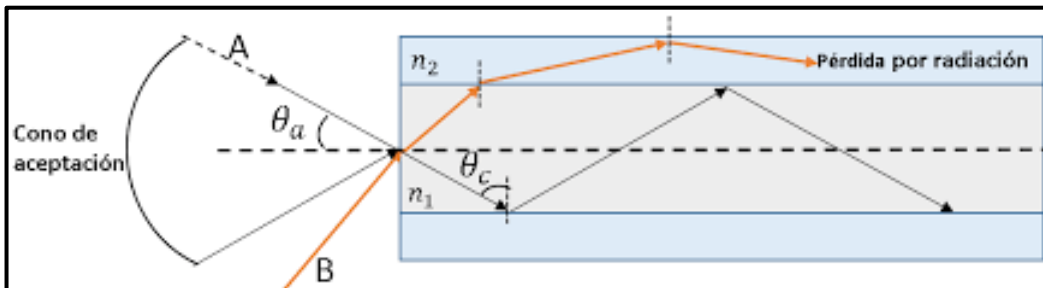
التشتت النموذجي المستقطب هو التغير في حالة الاستقطاب عند انتشار نبضات الضوء في الألياف البصرية, عادة ما تكون هناك اختلافات طفيفة في خصائص انتشار النبضات الضوئية في الألياف البصرية, ويعرف الضوء على انه عبارة على موجة طاقة تمتلك محورين عموديين وهما القوة الكهربائية و القوة المغناطيسية وعن انتقال الطاقة في هذين المحورين بسرعة او بسرعات مختلفة يحدث هذا النوع من التشتت (التشتت النموذجي المستقطب) . [9] [10]



الشكل 8: التشتت النموذجي المستقطب [10].

## 6- زاوية القبول (acceptance angle):

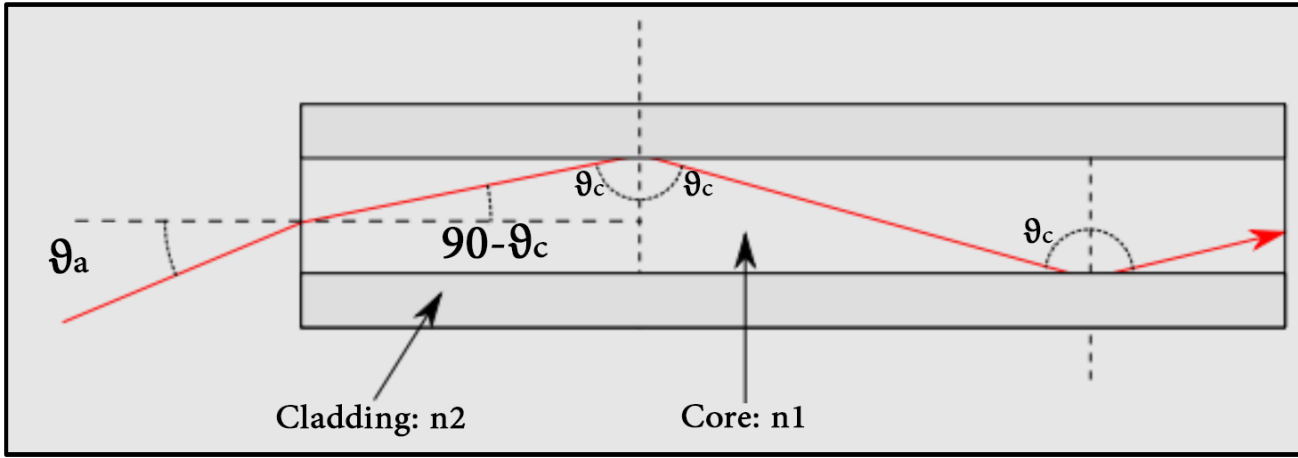
هي الزاوية ( $\theta_a$ ) التي يجب على الشعاع الدخول منها أو بزاوية أقل منها عند بداية الليف البصري لكي يتحقق الانعكاس الكلي حيث ينتشر الشعاع بشكل صحيح عبر الليف البصري وبأقل فقد, عند دخول الشعاع بزاوية أكبر من زاوية القبول ( $\theta_a$ ) فان جزء من الشعاع ينكسر في محيط الليف مما يتسبب فقد ويحصل انعكاس جزئي, يجب معرفة زاوية القبول ( $\theta_a$ ) عند الليف البصري وذلك لإرسال الضوء لأطول مسافة ممكنة, حسب قيمة الزاوية ( $\theta_a$ ) فراغيا فانه يتشكل لنا ما يشبه المخروط cone عند بداية الليف ويسمى بمخروط القبول acceptance cone [13].



الشكل 9: زاوية القبول [13].

1.6- الانعكاس الكلي ( total reflection ) :

عند دخول الشعاع في الليف البصري بزاوية القبول ( $\theta_a$ ) في الليف البصري فان الشعاع يدور بزواوية ( $\theta$ ) على الجدار بين القلب و الغلاف فان جزء من الشعاع ينعكس بنفس الزاوية , و اذا ما قمنا بحساب الزاويتين انطلاقا من المستقيم العمودي على الجدار في نقطة الورود اما الجزء الثاني فانه ينكسر بزواوية ( $\varphi$ ) بالانتقال الى الغلاف بمعامل انكسار ( $n_2$ ) قادم من القلب بمعامل انكسار ( $n_1$ ) وحسب قانون سنيل ديكارت (Snell–Descartes) ( $n_1 \sin(\theta) = n_2 \sin(\varphi)$ ) حيث تظهر لنا هذه العلاقة انه اذا كان معامل انكسار القلب اكبر من معامل الغلاف فاننا قد مجالا ( $\theta$ ) حيث انه لا يوجد انكسار فقط بل يوجد معه الانعكاس أي انه لا يوجد ضياع في الشعاع وتصبح العبارة كالتالي  $\theta \geq \theta_c = \sin^{-1}\left(\frac{n_2}{n_1}\right)$  حيث ان ( $\theta_c$ ) تسمى بالزاوية الحرجة. [16]



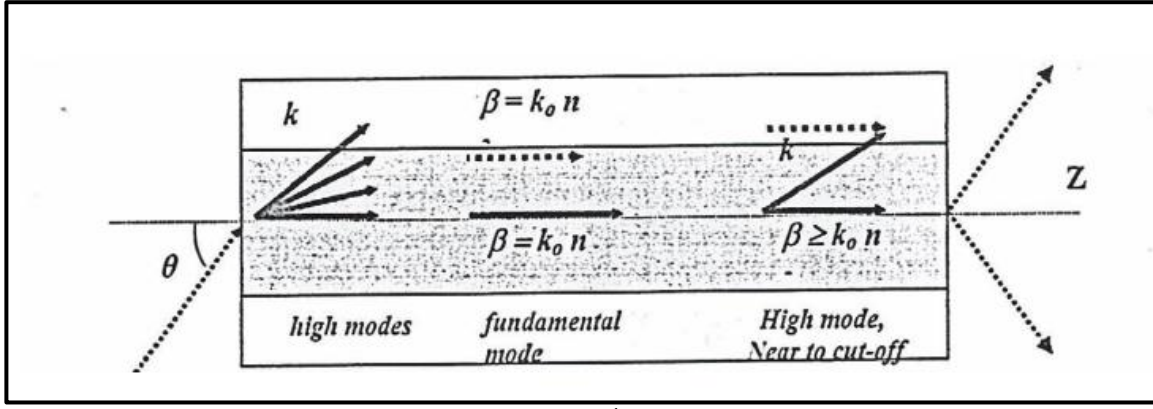
الشكل 10 : الانعكاس الكلي [16].

7- أنماط الانتشار في الألياف البصرية (Propagation modes) :

ينشر الضوء في الليف بزواوية معينة على شكل عدد من الحزم الضوئية (Beam) أو إشعاعات (Rays) وتسمى هذه الأشعة أنماط الانتشار (Propagation modes) , لدى كل شعاع نمط انتشار معين لذلك يتم استعمال الأرقام الجانبية لتمييزها عن بعضها بجانب اسم النمط (Mode index) , يجب تطبيق معادلات ماكسويل واستعمال النظرية الكهرومغناطيسية لكي نتمكن من الحصول الأنماط المنتشرة في الألياف البصرية , أهم الأنماط الأساسية المنتشرة عبر الليف البصري :

- TEM : أنماط كهربائية (Modes Electric Transverse) .
- TMM : نمط مغناطيسية عرضية (Modes Magnetic Transverse) .
- أنماط هجينة (Hybrid) تحتوي المجالين الكهربائي والمغناطيسي من نوع HE .
- أنماط هجينة (Hybrid) تحتوي المجالين الكهربائي والمغناطيسي من نوع EH .

$HE_{11}$  هو النمط الأساسي (Fundamental modes) في الألياف البصرية الغير منتج للاستقطاب (Degenerate Polarization) أي انه يوجد أسقطابان مختلفان للنمطين  $HE_{11}^X$  و  $HE_{11}^Y$  بنفس قيمة ثابتة الانتشار  $\beta$  .



الشكل 11 : أنماط الانتشار [12].

يتميز كل من أنماط الانتشار الأساسية (Fundamental modes) و الأنماط العالية ب متجه موجي و احد لكل نمط , وثابت الانتشار  $\beta$  ينتشر باتجاه المحور Z, تكون قيمة ثابت الانتشار في النمط الأساسي قريبة من العدد الموجي عند قلب الليف في المركز  $k_0 n_2$  أما عن النمط العالي فإنه ينتشر بزواوية أكبر من ثابت انتشاره حيث تكون قيمته قريبة إلى  $k_0 n_2$  . [12]

يرمز لثابت الانتشار القياسي أو المقاس ب b ويعطى بالعلاقة الآتية :

$$b = \frac{\beta^2 - k_0^2 n_2^2}{k_0^2 n_1^2 - k_0^2 n_2^2} \dots\dots\dots(4.1 \text{ المعادلة})$$

### 8- التردد المقاس :

تعرف بالقيمة العددية V ( V -number ) ولها اهمية في تحديد الانماط المنتشرة في الالياف البصرية وتحسب بالعلاقة التالية :

$$V = \frac{2\pi}{\lambda} aNA \dots\dots\dots(5.1 \text{ المعادلة})$$

- حيث ان : a تمثل نصف قطر الليف البصري و  $\lambda$  ترمز الى الطول الموجي .

يمكننا تحديد انواع واعدد و انماط الانتشار عبر الليف البصري وذلك بالاعتماد على قيمة V , و اذا تحقق الشرط التالي :

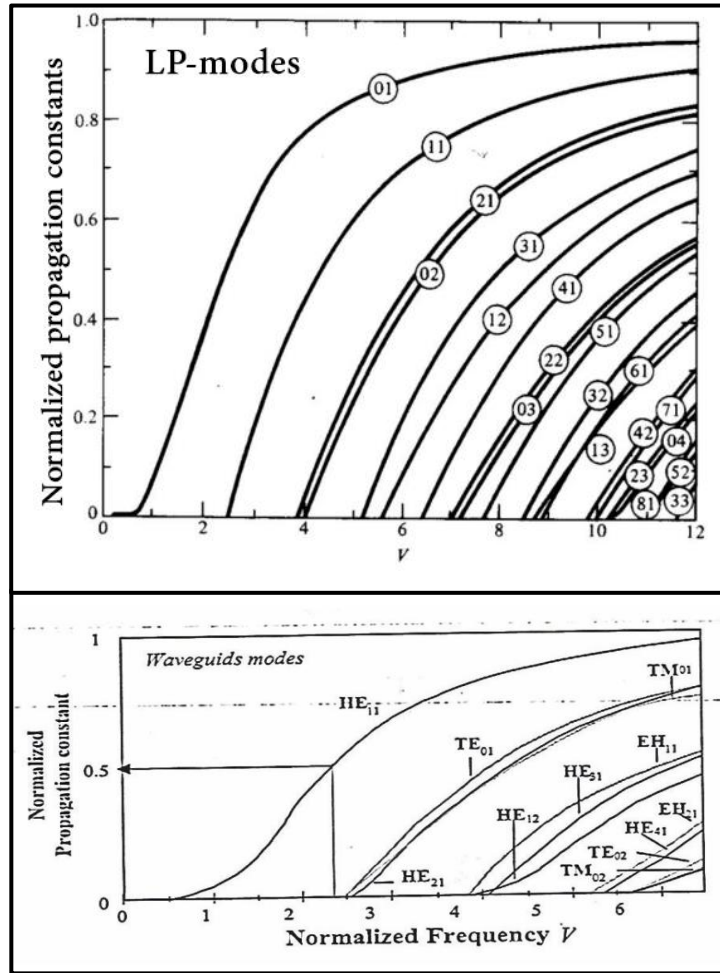
$V \leq V_C = 2,407$  اي ان قيمة V اقل من القيمة الحرجة  $V_C$  فإنها تنتشر بنمط واحد أساسي (Single mode regime) وتدعى قيمة  $V_C$  بتردد المقاس ( Normalized frequency ) وتحسب بالعلاقة التالية :

$$V_C = \frac{2\pi}{\lambda_c} a\sqrt{n_1^2 - n_2^2} \dots\dots\dots(6.1 \text{ المعادلة})$$

- حيث ان  $\lambda_{cut-off}$  هي رمز لطول موجة القطع length wave cut-off .

يقال إن النظام ثنائي النمط ( regime mode two or Bimodal ) ( $LP_{11}, LP_{01}$ ) إذا تحقق الشرط )  $(2,407 < V \leq 3,83$

يعرف النظام بأنه متعدد الأنماط ( regime Multimode ) إذا تحقق الشرط  $V > 1$  . [12]



الشكل 12: العلاقة بين ثابت الانتشار المقيس و التردد المقيس [15].

## 9- الامتصاص في الاليف الضوئية:

الامتصاص يعد من الاسباب الرئيسية لفقدان الاشارة في الاليف كما أنه يعتبر أحد من أجزاء التوهين الناتج عن تحويل الطاقة الضوئية الى طاقة أخرى ويتم تفسير ذلك بثلاثة عوامل منها عيوب في تركيب الذري لمادة الاليف حيث ان هذه العيوب تؤدي الى الامتصاص من خلال وجود جزيئات مفقودة او عن طريق انتشار جزيئات الهيدروجين في الاليف. [15]

## 10- خسارة الانحناء في الاليف الضوئية:

عند ثني الاليف الضوئية قد يؤدي ايضا الى التوهين، وفقا لنصف قطر الانحناء يتم تصنيف يتم تصنيف خسارة الانحناء أي (micro bend) او خسارة (macro bend)، اما الانحناءات الصغيرة او الدقيقة تحدث بشكل أساسي عند ربط الاليف بالكابل حيث ان لها انحناءات مجهرية اما الانحناءات الكبيرة فان لها انحناءات ذات نصف قطر كبير بالنسبة لقطر الاليف ويحدث عنهما خسائر كبيرة جدا حتى لو تم توصيل الاليف بشكل صحيح. [15]

**11- مميزات الألياف البصرية:**

تمتاز الألياف البصرية عن غيرها من سائل النقل الأخرى بمجموعة من المميزات التي جعلتها الخيار الأول في عدة مجالات .  
أهم المميزات للألياف البصرية :

**1.11 - سعة الإرسال العالية ( large transmission capacity ):**

أتاحت الألياف البصرية لأنظمة الاتصالات سعة إرسال هائلة من المعلومات عبرها ويعود ذلك على الترددات العالية التي تعمل عليها وينتج عن ذلك عرض نطاق ترددي عال جدا وبالمقارنة فان سعة الإرسال باستخدام الألياف البصرية في أنظمة الاتصالات اكبر بألاف المرات من أي نظام اتصال آخر .  
[8]

**2.11 - المناعة ضد التداخل الكهرومغناطيسي ( immunity to interference ) :**

الألياف البصرية لا تتأثر بالمجالات الكهرومغناطيسية وذلك لكونها مصنوعة من الزجاج أو البلاستيك وهي مواد عازلة مما يجعلها مناسبة في الوسائط ذات مجالات كهرومغناطيسية عالية . [8]

**3.11 - الفقد القليل ( low loss ) :**

تم تطوير وصناعة الألياف البصرية الآن بمعامل فقد صغير جدا وهذه الميزة لا توجد في أي نوع من خطوط النقل الأخرى , تسمح هذه الميزة ببناء أنظمة اتصال ذات مسافات بعيدة جدا بين محطات التقوية وإعادة البث تصل أحيانا إلى أكثر من 100 km أي أنها تخفض التكاليف . [8]

**4.11 - صغر الحجم و الوزن ( small size and wight ) :**

يبلغ قطر الألياف البصرية حوالي 125 um أي أن مقاساتها صغيرة جدا , رغم أن الليف البصري تغطيه طبقة من البلاستيك إلا أن وزنه وسماكته تبقى اقل من الأسلاك الأخرى وهذا ما يجعله بديل جيد في عدة مجالات منها الأقمار الاصطناعية و السفن . [8]

**5.11 - السرية العالية ( greater security ) :**

تعتمد الألياف البصرية في عملها على الانكسار الكلي الداخلي مما يسمح لضوء الحامل للمعلومات الانتشار الشبه كامل في الليف البصري , ليس من الممكن التقاط أو استقبال جزء من الضوء المنتشر , لا يمكن الدخول على الألياف البصرية بالتوازي لأنها لا تعتبر خطا كهربائيا ( الخطوط الثنائية , الكبلات المحورية ) وهذا ما يجعل الألياف البصرية الأفضل في المجال العسكري و البنوك . [8]

**6.11 - المرونة العالية ( flexibility ) :**

تتمتع الألياف البصرية بقوة تحمل عالية وتتمتع أيضا بصلابة و المتانة وإنها ذات نصف قطر انحناء صغير أيضا مما يجعلها مناسبة وسهلة في مجالات النقل و التركيب والتخزين . [8]

**7.11 - درجة عالية من الأمان ( greater safety ) :**

كما أوضحنا سابقا أن الألياف البصرية ينتشر بداخلها الضوء على عكس الكبلات الكهربائية الذي يمر خلالها تيار كهربائي لذلك لا توجد خطورة عند الأعطال أو انقطاع الكبل البصري أما الخطورة الوحيدة الموجودة في الليزر المرسل قد يكون عاليا نسبيا لذلك يجب الحذر و أخذ الحيطة [8].

**8.11 - عمر افتراضي أطول ( longer life span ) :**

تصنع الألياف البصرية من البلاستيك أو الزجاج مما يجعلها غير قابل للصدأ ويجعلها تشتغل لفترات طويلة حيث يتراوح مدة عمل الألياف البصرية تتراوح من 20 إلى 30 سنة أما عن مدة عمل الكبلات النحاسية تتراوح من 12 إلى 15 سنة [8].

**9.11 - السهولة في توسعة إمكانيات النظام ( ease of expansion system capability ) :**

يمكننا رفع كفاءة النظام وزيادة الطاقة الاستيعابية وذلك عن طريق استبدال بعض المكونات الأساسية (مصدر الضوء , الكاشف الضوئي , استخدام تجميع القنوات باستعمال التقسيم الموجي WDM) دون تغيير الكبل الموجود أو إضافة كابلات أخرى [8].

**10.11 - جودة اتصال عالية ( high quality transmission ) :**

تتمتع الألياف البصرية بقيمة فقد ضعيفة جدا ولها مناعة ضد المجالات الكهرومغناطيسية المختلفة ولا يوجد تداخل بين الخطوط المتجاورة وهذه ما يجعلها بجودة اتصال عالية مقارنة بالخطوط الأخرى [8].

**11.11 - قلة تكلفة التركيب ( low installation and operation ) :**

نظرا للفقْد الضعيف و العرض النطاق الترددي الكبير في الليف البصري , فان المسافات تزداد بين محطات التقوية مما يؤدي إلى تقليل تكاليف الصيانة و التشغيل و المراقبة و التحكم [8].

**12- استخدامات الألياف البصرية:**

أصبحت الألياف البصرية تطبق في العديد من المجالات وأصبحت ضرورية مع التطور التكنولوجي وتتضمن استخدامات الألياف البصرية في ما يلي: [14]

- تستخدمها الحكومات في الجانب العسكري ( الغواصات , الطائرات ... ) .
- تستخدم في الاتصالات ( الإرسال والاستقبال ) .
- تستخدم في الجانب الطبي حيث تساعد في تصوير العمليات الجراحية وتستخدم في التشخيص الغير جراحية
- تستخدم في نقل وإرسال المعلومات و البيانات وتخزينها .
- تستخدم لتوصيل بين الخوادم و المستخدمين .
- تستخدمها مصانع السيارات وذلك بتركيبها داخل السيارات .
- تستخدم في التوصيلات التلفزيونية العادية أو عالية الوضوح .
- تستخدم في المناطق التي يصعب الوصول إليها بصريا .

**خاتمة:**

في هذا المحور عرفنا الألياف البصرية وقد قدمنا لمحة عن تاريخها وتطوراتها, وقمنا أيضا بتطرق إلى مبدأ عملها وذكرنا أيضا أنواع الألياف وخواصها, وقد تطرقنا أيضا إلى مميزات الألياف البصرية و إستخداماتها.

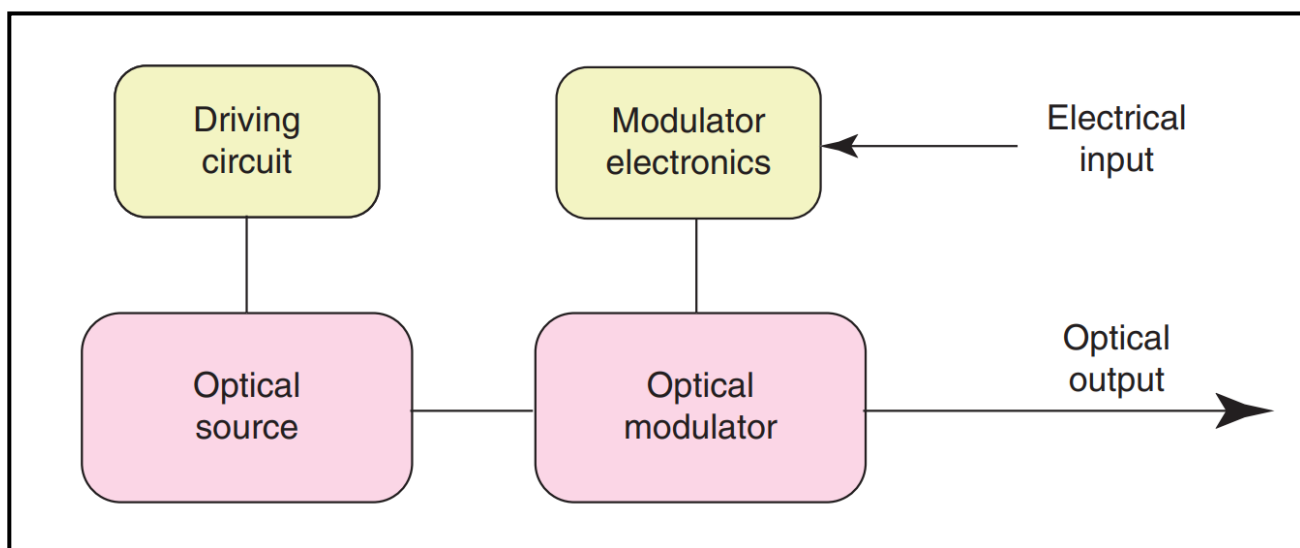
# المحور الثاني

المرسلات و المستقبلات البصرية

## المرسلات البصرية:

## المقدمة :

إن الدور الأساسي من المرسلات هو تحويل إشارة المدخل من كهربائية الى ضوئية ثم إرسالها عبر كابل ليفي يعمل كقناة نقل, يوضح الشكل 1 مخطط المرسلات البصرية, تعد المرسلات البصرية من أحد المكونات الرئيسية لأجهزة الإرسال الضوئية, يستخدم نظام الموجات الضوئية (Lightwave-Systems) أشباه الموصلات ( Semiconductor ) وذلك بسبب المزايا العديدة التي تقدمها كالحجم الصغير والكفاءة العالية و نطاق الطول الموجي المناسب و إمكانية التعديل المباشر عند الترددات العالية نسبياً, عام 1970 أصبح استخدام ليزر أشباه الموصلات عملياً لأنه في هذه الفترة أصبح من الممكن تشغيل هذه الليزر في درجة حرارة الغرفة, وتعرف أيضاً بثنائيات الليزر أو ليزر الحقن ( Laser diode or injection laser ). [17]



الشكل 1: مكونات جهاز الإرسال البصري [17].

## 1- الليزر :

إن كلمة الليزر (LASER) هي كلمة دخيلة على اللغة العربية و قد تم كتابة هذه الكلمة عبر أخذ الحروف الأولى من الجملة الأنجليزية:

## Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation (LASER)

و معنى هذه الجملة هو تضخيم أو تكبير الضوء بواسطة الإنبعاث المستحث.

- تمكن العالم الأمريكي ميمان (Maiman) من صناعة أول ليزر على الإطلاق و ذلك بواسطة بلورة من الياقوت المطعم بالكروميوم و كان هذا عام 1960, حيث كانت بلورة الياقوت هي وسط التضخيم وهي الأكثر استخداماً في بداية الليزر و كانت تستخدم على نطاق واسع في مجال MASERS وبالتالي فهي معروفة تماماً من حيث التحليل الطيفي, و كان الطول الموجي البصري المتحصل عليه 694.3nm ويعمل هذا الليزر على شكل نبضات. قد تكون أشعة الليزر في الطيف المرئي أو تحت الحمراء بمناطقها الثلاثة : القريبة والمتوسطة و البعيدة. [18]

## 2- الطيف الضوئي :

- الطيف الضوئي او يسمى احيانا بالطيف المرئي وهو جزء من الطيف الكهرومغناطيسي (الشكل 1) ويكون مرئي أي يمكن للعين البشرية ان تكتشفه و تميزه، العين البشرية تستجيب لأطوال موجية في الهواء حوالي 380nm إلى 750nm وتكون اكثر حساسية لضوء عند الطول الموجي 555nm (540Hz) أي في المنطقة الخضراء من الطيف الضوئي. [19] [20] [21]

## 1.2- مناطق الطيف الضوئي :

- منطقة فوق البنفسجية (390 – 10nm)

- منطقة الطيف المرئي (770 – 391nm)

- منطقة الاشعة تحت الحمراء (1000 – 771nm)

- الأطوال الموجية المحددة لهذه المناطق ليست محددة بطريقة قطعية، فعلى سبيل المثال يمكن رؤية الطيف المنبعث من ليزر الحقن (Al Ga As) ذات الطول الموجي 800nm و اللون الأحمر الداكن من قبل احد الأفراد والقدرة على رؤية هذا الطيف مرتبطة بعمر الرائي.  
- يرتبط طول موجة الضوء  $\lambda$  بترددها  $\nu$  بالمعادلة التالية :

$$\nu = \frac{c}{\lambda} \dots\dots\dots (1.2 \text{ المعادلة})$$

ويكون طول الضوء  $\lambda = 904 \text{ nm}$  المنبعث من ليزر اريزونات الجاليوم Ga As ذات التردد  $\nu = 3.3 \times 10^{14} \text{ hz}$

## 2.2- توضيح للأطوال الموجية للطيف المرئي :

البنفسجي : ويمتد من 380 إلى 450 نانومتر.

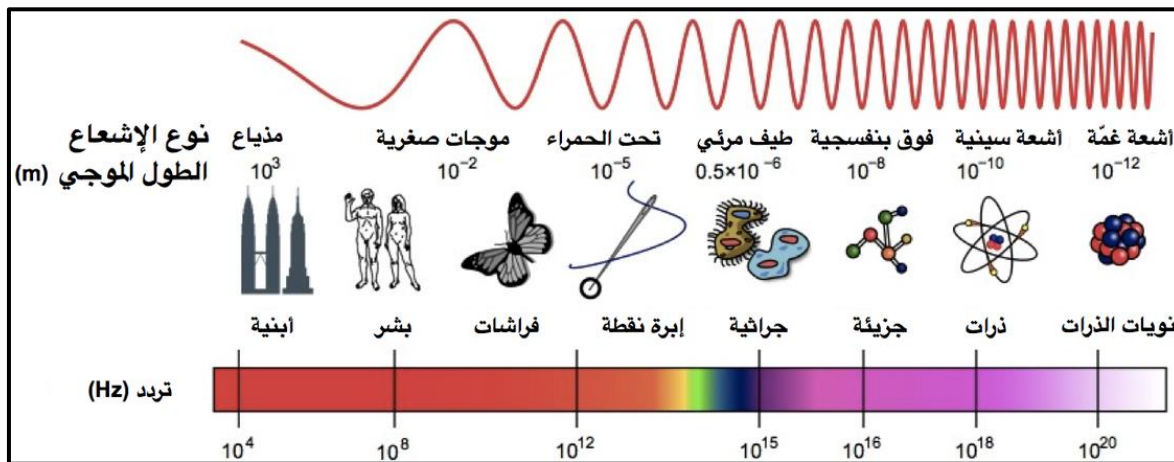
الأزرق : ويمتد من 450 إلى 495 نانومتر.

الأخضر : ويمتد من 495 إلى 570 نانومتر.

الأصفر : ويمتد من 570 إلى 590 نانومتر.

البراقالي : ويمتد من 590 إلى 620 نانومتر.

الأحمر : ويمتد من 620 إلى 750 نانومتر.

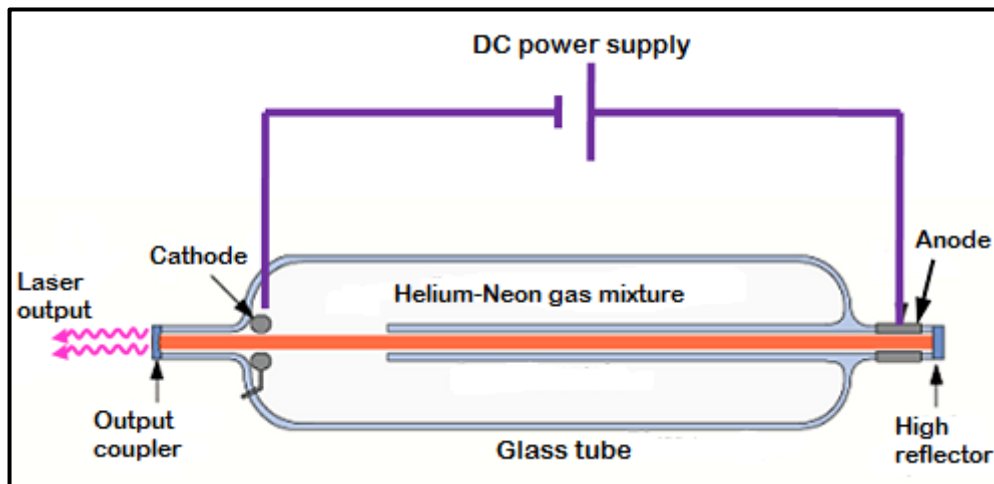


الشكل 2: الطيف المغناطيسي [19].

### 3- أنواع الليزر:

#### 1.3- الليزر الغازي :

هو ليزر يتم فيه تفريغ تيار كهربائي خلال غاز داخل وسط الليزر لإنتاج ضوء الليزر، و يكون الوسط في حاله الغازية، يشمل الليزر الغازي ليزر ثاني أكسيد الكربون (CO<sub>2</sub>) و ليزر الهيليوم و النيون و ليزر الأجون و ليزر الكريبتون و ليزر الإكسيمر. يتكون الوسط في الليزر الغازي من خليط الغازات، يتم تعبئة هذا الخليط في أنبوب زجاجي، الأنبوب الزجاجي المملوء بخليط الغازات يعمل كوسيط نشط أو وسط ليزر. ليزر الغاز هو أول ليزر يعمل على مبدأ تحويل الطاقة الكهربائية إلى طاقة ضوئية، ينتج شعاع ليزر في منطقة الأشعة تحت الحمراء من الطيف عند  $1.15\mu m$ . [22] [23].



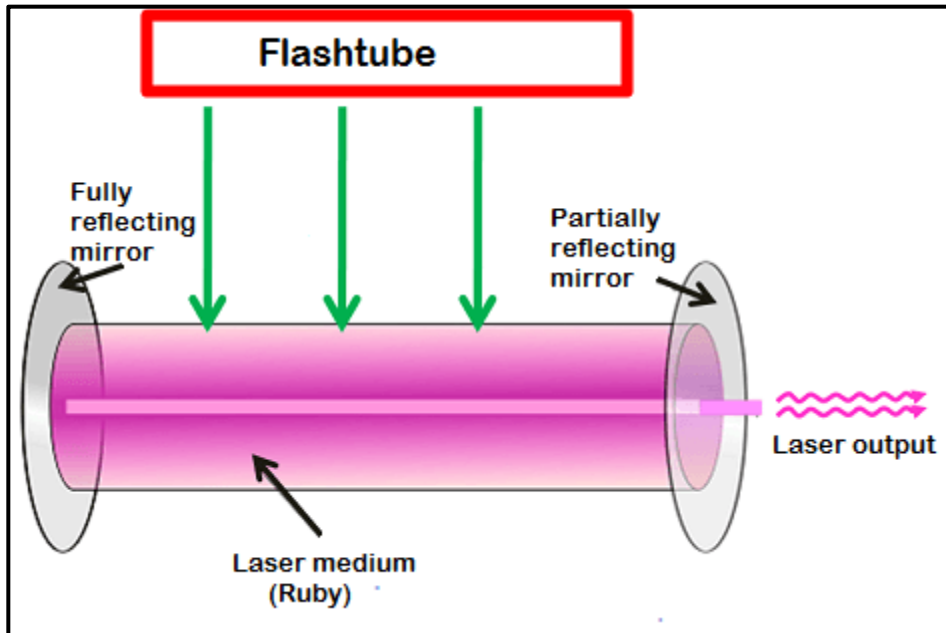
الشكل 3: الليزر الغازي [23].

#### 2.3- الليزر البلوري :

هو ليزر يستخدم المادة الصلبة (زجاج أو بلورات) كوسط لليزر، يتم خلط المادة الصلبة مع عنصر أرضي نادر كمصدر للكسب البصري. وتتمثل هذه العناصر في النيوديميوم (neodymium) أو الكروم (chromium) أو الإربيوم (erbium) أو الثوليوم (thulium) أو الإيتربيوم (ytterbium).

أشهر ليزر الحالة الصلبة هو ليزر الياقوت، لأنه أول ليزر تم تصنيعه على الإطلاق، يعتبر ليزر Nd:YAG ( عقيق الإيتريوم المصنوع من الألومنيوم المشبع بالنيوديميوم ) شائعاً أيضاً في عمليات معالجة المواد.

في ليزر الحالة الصلبة، تستخدم الطاقة الضوئية كمصدر ضخ، تستخدم مصادر الضوء مثل ضوء الفلاش، و مصباح الفلاش، و مصابيح القوس، أو صمامات الليزر لتحقيق الضخ. لا تنتمي أشعة الليزر شبه الموصله إلى هذه الفئة لأن هذه الليزرات يتم ضخها كهربائياً عادة و تتضمن عمليات فيزيائية مختلفة. [22] [23]

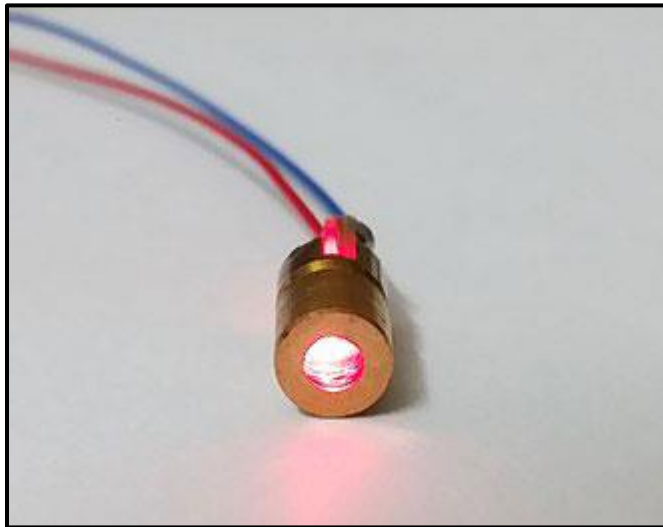


الشكل 4: الليزر البلوري [23].

### 3.3- ليزر أشباه الموصلات :

أشعة الليزر شبه الموصله تلعب دوراً مهماً في الحياة اليومية فهذه الليزرات تكون رخيصة الثمن و ذات حجم صغير و استهلاكها لطاقة يكون منخفض، ويعرف الليزر شبه الموصل أيضاً بثنائيات الليزر لأنها تشبه الثنائيات العادية، حيث أنها تحتوي تقاطع موجب-سالب ( PN ) مصنوعة من مواد تنتج انبعاثاً تقائياً. يتم تلميع الطبقة الجوهرية قصد تضخيم الفوتونات المتولدة، مما يسمح في النهاية إلى تحول التيار الكهربائي إلى ضوء ليزر.

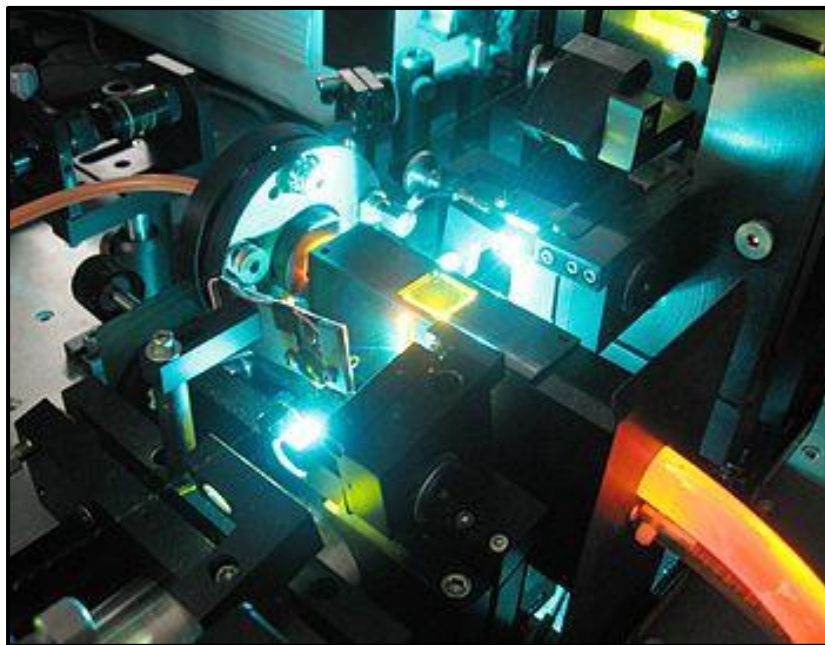
بالرغم من أن ليزر أشباه الموصلات معظمها تكون ليزر ديود، إلا أنه يوجد القليل منها لا يكون بليزر الديود. هذا راجع إلى وجود أشعة ليزر شبه موصله لا تستخدم بنية الصمام الثنائي، فعلى سبيل المثال أشعة الليزر المتتالية و أشباه الموصلات التي يتم ضخها بصرياً، و بعض من استخدامات الليزر الديود هي استخدامه في قارئات الباركود و مؤشرات الليزر و طابعات الليزر و أجهزة المسح بالليزر و إلى غير ذلك. [22] [23]



الصورة 1: ليزر أشباه الموصلات [22].

#### 4.3- ليزر السوائل :

يستخدم الليزر السائل صبغة عضوية في صورة سائلة كوسط نشط ( active medium ) ويعرف أيضا ب الليزر الصبغوي ويتم استخدامه في الطب و التحليل الطيفي و فصل النظائر. تتمثل إحدى مزايا ليزر الصبغة في القدرة على توليد نطاق أوسع بكثير من الأطوال الموجية، النطاق الترددي العريض لليزر السوائل يجعله مناسباً لأشعة الليزر المضبوط و الليزر النبضي. على سبيل المثال يمكن ضبط صبغة رودامين 6G (The dye rhodamine 6G) من 560nm (أصفر مخضر) إلى 635nm (أحمر برتقالي) وينتج نبضات قصيرة تصل إلى 16fs ( $10^{-15}$  Seconds = femtoseconds), من أجل توليد نطاق أوسع من الأطوال الموجية في نفس الليزر يجب استبدال الصبغة بنوع آخر، من الأشعة تحت الحمراء إلى الأشعة فوق البنفسجية. [22] [23]



الصورة 2: ليزر السوائل [22].

تنقسم اشعة الليزر إلى نوعين من ناحية طبيعة الانبعاث :

#### - شعاع مستمر (CW) Continuous wave :

ليزر الشعاع المستمر يعني وجود تدفق مستمر للطاقة, أي ان الليزر يطلق شعاع ليزر واحد باستمرار وبشكل غير منقطع. المثال الشائع من هذا النوع من الليزر هو الليزر المؤشر ذي الشعاع الغير منقطع, ومن الشائع استخدام ليزر الموجة المستمرة في ليزرات القطع و ليزرات اللحام. [22] [23]

#### - ليزر الومضات Pulsed laser :

في ليزر الومضات او الليزر النبضي, يتم تقسيم او تقطيع شعاع الليزر على فترات وتكون منتظمة لتسمح لطاقة بالتراكم و الوصول إلى طاقة ذروة أعلى من ليزر الموجة المستمرة, شعاع الليزر يتم تحريره على شكل نبضات ذات مدة محددة تسمى المدة النبضية. و كثافة الطاقة العالية تكون مطلوبة للعديد من التطبيقات مثلا في اللحام. [22] [23]

#### 4- مبدأ الليزر:

بشكل أساسي يتكون الليزر من ثلاث أجزاء كما هو موضح في الشكل 5 :

#### - مصدر الطاقة (Energy Source) :

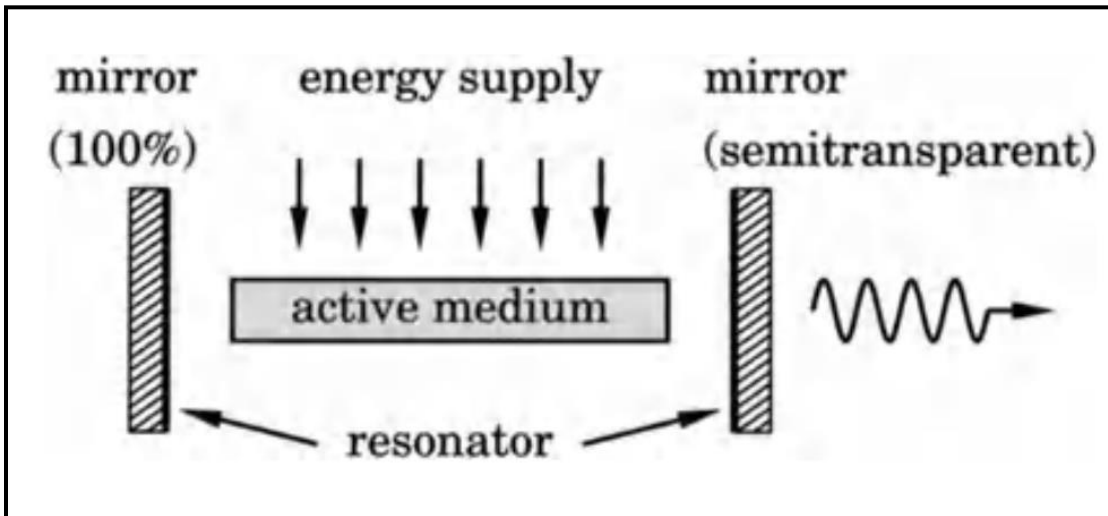
دوره ضخ الضوء في الوسط النشط, يتغير على حسب نوع الليزر, يمكن ان يكون صمام ثنائي ليزر (Diode Laser) او تفاعل كيميائي او تفريغ كهربائي او مصباح فلاش او يمكن ان يكون حتى ليزر اخر. [22] [24]

#### - وسط نشط (Gain medium) :

ينبعث الضوء بطول موجي معين من الوسط النشط عندما يثيره الضوء , ويقال انه مصدر الكسب البصري. يتم تسمية الليزر على حسب الوسط النشط له, فعلى سبيل المثال كما في ليزر ثاني أكسيد الكربون يكون الوسط النشط هو غاز ثاني أكسيد الكربون. [22] [24]

#### - الرنان (Resonator) :

يعمل الرنان على تضخيم الكسب البصري من خلال المرايا التي تحيط بالوسط النشط, و الاوجه المشقوقة أو المطلية في صمامات الليزر الثنائي, وعاكسات Bragg في ليزر الألياف. [22] [24]



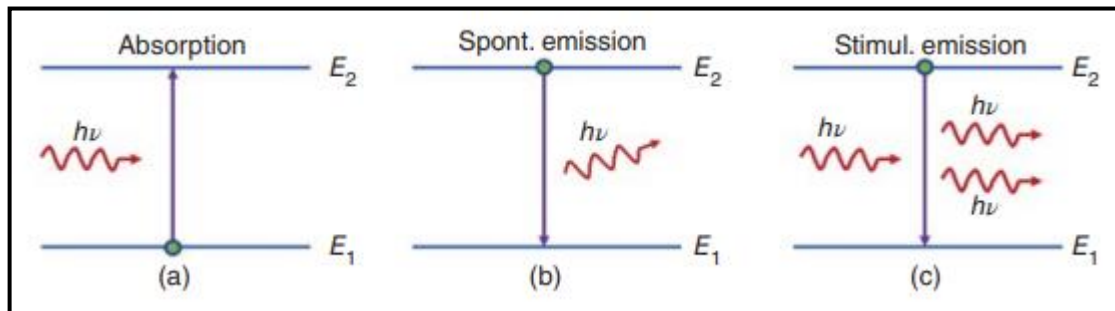
الشكل 5 : الأجزاء الأساسية لليزر [24].

### 5- فيزياء أنصاف النواقل :

في الظروف العادية تمتص جميع المواد الضوء بلا من انبعائه, من الشكل 3 يمكننا فهم عملية الإمتصاص حيث تتوافق مستويات الطاقة  $E_1$  و  $E_2$  مع الحالة الأرضية (هي الحالة التي تكون فيها طاقة الذرة أو الجسم في أدنى حاله لها) و حالة الإثارة لذرات الوسط الممتص. [17] [24]

### 1.5- الإنبعاثات التلقائية و المستحثة :

ثلاث عمليات أساسية لتفاعل الضوء مع المادة مهمة لليزر: الامتصاص, الانبعاث المحفز و الانبعاث العفوي (الشكل 6), نفرض ان مستويي الطاقة  $E_1$  و  $E_2$  تشاركان في التفاعل واهتمامنا يكون فقط بهذين المستويين من الطاقة, يضرب الفوتون  $h\nu$  ذرة وسط الليزر في الحالة  $E_1$  ويختفي مما يؤدي إلى الحالة الأعلى  $E_2$ . لا يمكن امتصاص الفوتون إلا اذا كان المستوى  $E_2$  مناسباً, أي  $h\nu = E_2 - E_1$ . عندما لا يتوفر مستوى طاقة مناسب لا يحدث أي امتصاص, في هذه الحالة يكون الوسط شفافاً لطاقة هذه الفوتونات. عندما يمتص النظام الذري الطاقة  $h\nu$  وبالتالي يتم احتلال المستوى العلوي, قد يتسبب الفوتون الثاني في انبعاث الطاقة  $h\nu$  كفوتون, في هذه الحالة تسمى بالانبعاث المحفز حيث يغادر فوتونان لهما نفس الخصائص. جميع انواع الليزر ويشمل ذلك أشعة الليزر لأشباه الموصلات تبعث الضوء من خلال عملية الأنبعاث المستحث ويقال إنها تبعث ضوءاً متماسكاً, وفي المقابل تصدر مصابيح LED ضوء من خلال عملية غير متماسكة من الانبعاث التلقائي. [17] [24]

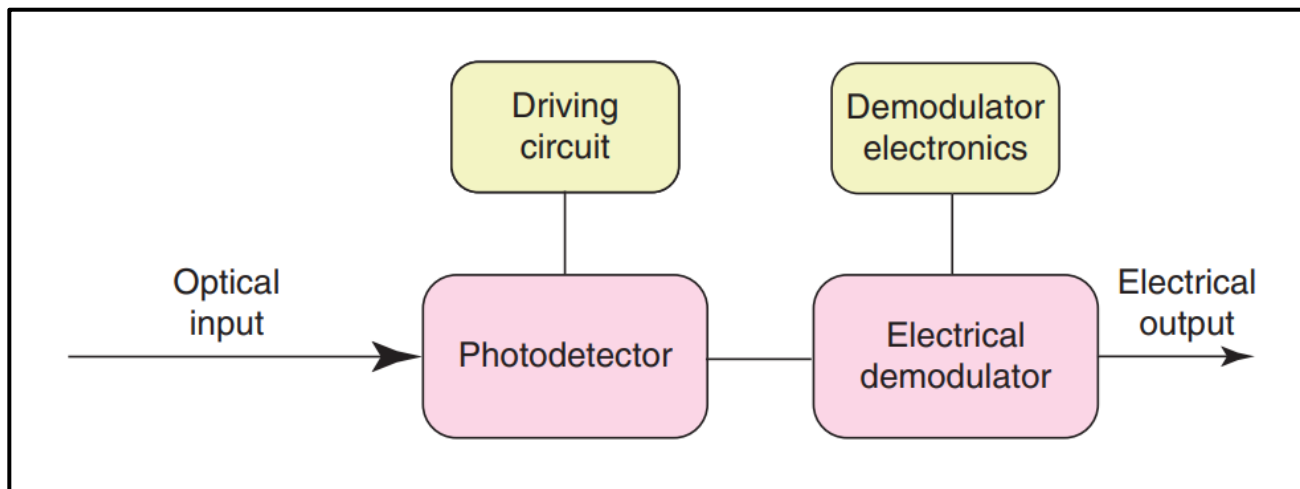


الشكل 6: العمليات الثلاث الأساسية التي تحدث بين مستويي الطاقة لذرة [17].

## المستقبلات البصرية:

## المقدمة:

يتمثل الدور الأساسي للمستقبلات البصرية في تحويل الإشارة الضوئية المستقبلة إلى شكل كهربائي و استخراج و استعادة البيانات المرسله عبر الليف البصري, ويكون في الطرف الأمامي لجهاز الإستقبال ويعرف أيضا باسم O/E ( Optical/Electrical ). ويكون المكون الرئيسي للمستقبلات البصرية هو جهاز الكشف الضوئي, وهو المسؤول على تحويل الضوء إلى تيار من خلال التأثير الكهروضوئي. متطلبات جهاز الكشف مشابهة لمتطلبات المصدر البصري في جانب جهاز الإرسال, حيث يجب أن عليها أن تتميز بحساسية عالية و ضوءاء منخفضة مع تكلفة منخفضة و موثوقية عالية وأن يكون حجمها يتوافق مع حجم الليف البصري. هذه المتطلبات يمكن تلبيتها أفضل ويكون ذلك عن طريق صنع أجهزة مصنوعة من مواد اشباه الناقلات. على عكس صمام الليزر الذي يكون فيه تقاطع PN متحيزا للأمام, في جهاز الكشف الضوئي يكون التقاطع PN متحيزا بشكل عكسي, حيث في حالة الصمام الثنائي بدون إشارة دخل لا يتدفق سوى تيار تشبع عكسي ويكون صغير جدا. [25] [26]



الشكل 7 : مكونات جهاز للمستقبل البصري [17].

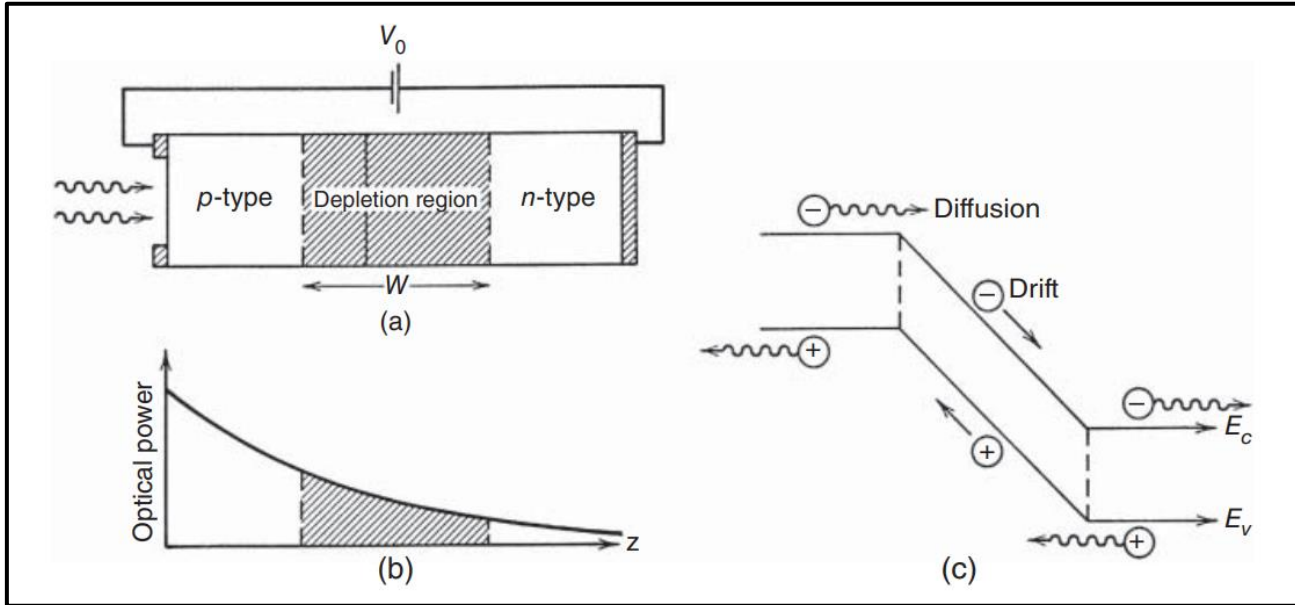
## 1- أنواع المستقبلات البصرية الشائعة:

## 1.1- الثنائيات الضوئية P-N ( P-N Photodiodes ):

الثنائيات الضوئية ذات التقاطع P-N المنحاز عكسيا , يتكون من منطقة تعرف بإسم منطقة الإستنزاف أو الإنخفاض أو الإفتقار أو العبور, و التي تقل فيها كثافة حاملات الشحنة من فجوات و إلكترونات, و العديد من الترانسيستورات التي تستخدم في أغراض كثيرة تعتمد على خصائص تلك المنطقة العازلة. تنتشر حاملات الشحنة من منطقة الإنخفاض إلى منطقة أخرى في شبه الموصل وذلك يكون إما إلى قلة تركيز تشويبها أو تحت تأثير مجال كهربائي.

في حالة الإنحياز المعكوس reverse bias ( تكون P سالبة بالنسبة لN ) إنخفاض الجهد الكهربائي يزداد عبر منطقة الانخفاض مما يتسبب في توسيع منطقة الانخفاض, أيضا يسبب زيادة في جزء التيار الناشيء من انزياح الشحنات ويقال من جزئه الناشيء من الانتشار, تكون محصلة التيار نحو اليسار وتكون كثافة حاملات الشحنات صغيرة ويمر فقط تيار تشبع عكسي صغير.

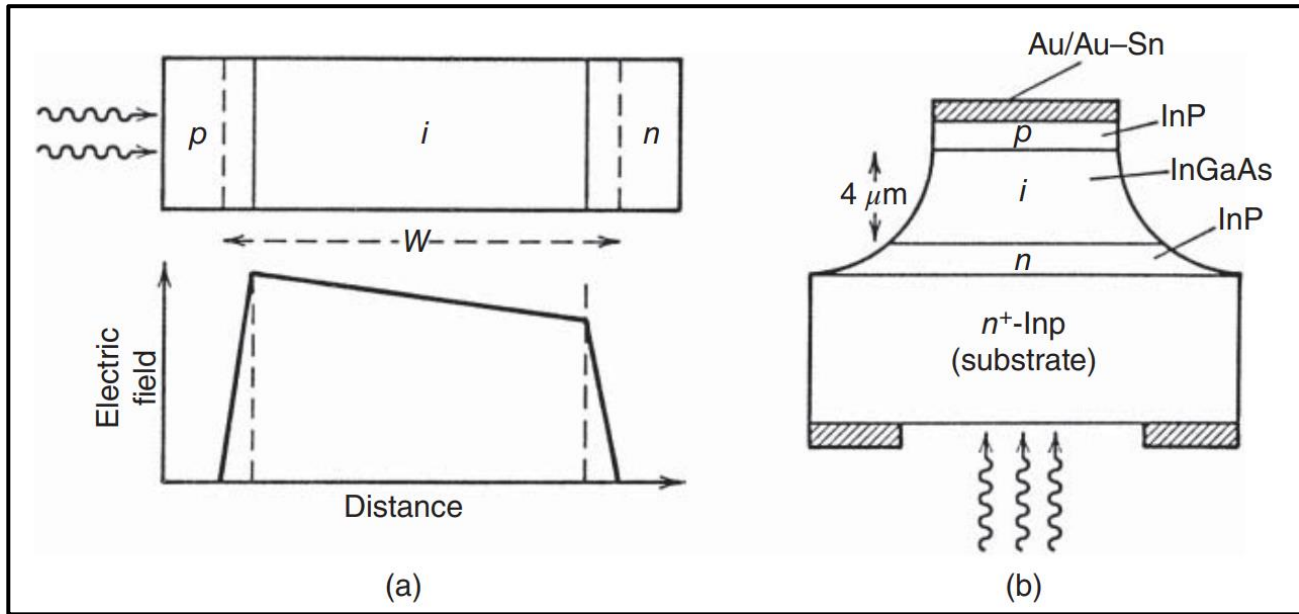
في الشكل 8(a) يتم توضيح تركيب الثنائي الضوئي P-N, الشكل 8(b) يوضح تناقص الطاقة الضوئية بشكل كبير حيث يتم امتصاص الضوء الساقط داخل منطقة الإنخفاض, تختبر أزواج الفتحا الإلكترونية المتولدة داخل منطقة الإنخفاض مجالا كهربائيا كبير بحيث تنجرف بسرعة نحو أحد الجانبين إعتقادا على الشحنة الكهربائية الشكل 8(c). [27] [28]



الشكل 8 : (A) الثنائي الضوئي p - n تحت التحيز العكسي [28].

## 2.1- الثنائيات الضوئية P-I-N ( P-I-N Photodiodes ) :

قصد زيادة عرض منطقة الإستنزاف ندخل طبقة تتكون من مادة شبه موصلة غير مملوءة بين تقاطع PN وهذه إحدى الطرق. نظرا لأن الطبقة الوسطى تتكون من مادة جوهريّة تقريبا، ويتم تسمية هذا النوع بالثنائي الضوئي PIN, يتم توضيح هيكل الجهاز مع توزيع المجال الكهربائي بداخله تحت عملية التحيز العكسي في الشكل. ونظرا لطبيعتها الجوهريّة، توفر الطبقة المتوسطة مقاومة عالية، ويحدث معظم إنخفاض الجهد عبرها. نتيجة لذلك، يتواجد مجال كهربائي  $i$ . وفي الأساس تمتد منطقة الإستنزاف في جميع أنحاء منطقة  $i$ ، و عرض  $w$  هذه المنطقة يمكن التحكم فيه عن طريق تغيير سماكة الطبقة الوسطى. و الإختلاف الرئيسي عن الثنائي PN يتمثل في أن مكون الإنجراف للتيار الكهروضوئي يسيطر على مكون الإنتشار لمجرد أن معظم أن القدرة الساقطة يتم امتصاصها داخل المنطقة  $i$  من الثنائي الضوئي PIN. [28]



الشكل 9 : (A) الثنائي الضوئي p - i - n تحت التحيز العكسي [28].

### 3.2- ثنائي ضوئي شلالي ( avalanche photodiode أو single-photon avalanche diode ) :

- تقتصر الاستجابة النموذجية لثنائي الضوئي PIN على مستوى  $1 \text{ mA/mW}$  تقريبا لأن الكفاءة الكمية  $\eta$  لا يمكن أن تكون 100%. قصد الزيادة في إستجابة الكشف, يتم إدخال الثنائي الضوئي الشلالي ( ADPs ) لتضخيم التيار الضوئي داخليا من خلال مضاعفة الناقل داخل تركيب الوصلة قبل الانتقال إلى الحمل الكهربائي.

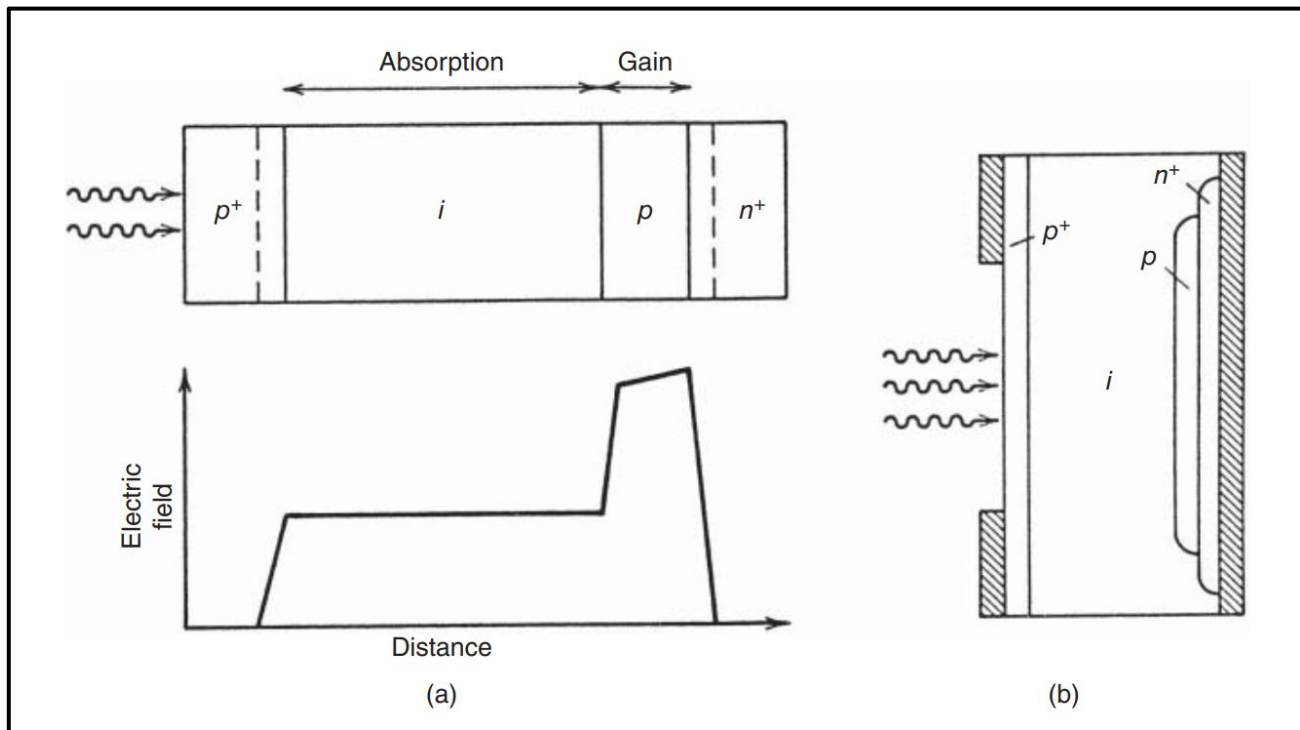
جميع أجهزة الكشف تتطلب حدا أدنى معيناً من التيار للعمل بشكل موثوق. ويمكن ترجمة هذا التيار إلى حد أدنى من متطلبات الطاقة من خلال  $P_{in} = \frac{I_p}{R_d}$ , أجهزة الكشف ذات الإستجابة الكبيرة يفضل إستخدامها نظرا لإحتياجها لطاقة بصرية أقل. يتم تحديد إستجابة الثنائي الضوئي PIN بواسطة المعادلة الموضحة في المعادلة 2.2 وتأخذ أقصى قيمة لها عند تكون  $R_d = \frac{q}{hv}$  لكفاءة كمية تقدر ب  $\eta = 1$ . وفي ADPs يمكن ان تكون قيمة  $R_d$  كبيرة جدا, يتم تصميمها بطريقة مشابهة للأنابيب الضوئية قصد توفير كسب تيار داخلي, وإستخدامها عندما تكون كمية الطاقة الضوئية التي يمكن لجهاز الاستقبال توفيرها محدودة. [28]

$$R_d = \frac{\eta q}{hv} \approx \frac{\eta \lambda}{1.24} \dots \dots \dots (2.2 \text{ المعادلة})$$

$$\eta = \frac{\text{electron generation rate}}{\text{photon incidence rate}} = \frac{I_p/q}{P_{in}/hv} = \frac{hv}{q} \times R_d \dots \dots \dots (3.2 \text{ المعادلة})$$

. : الإستجابة  $R_d$

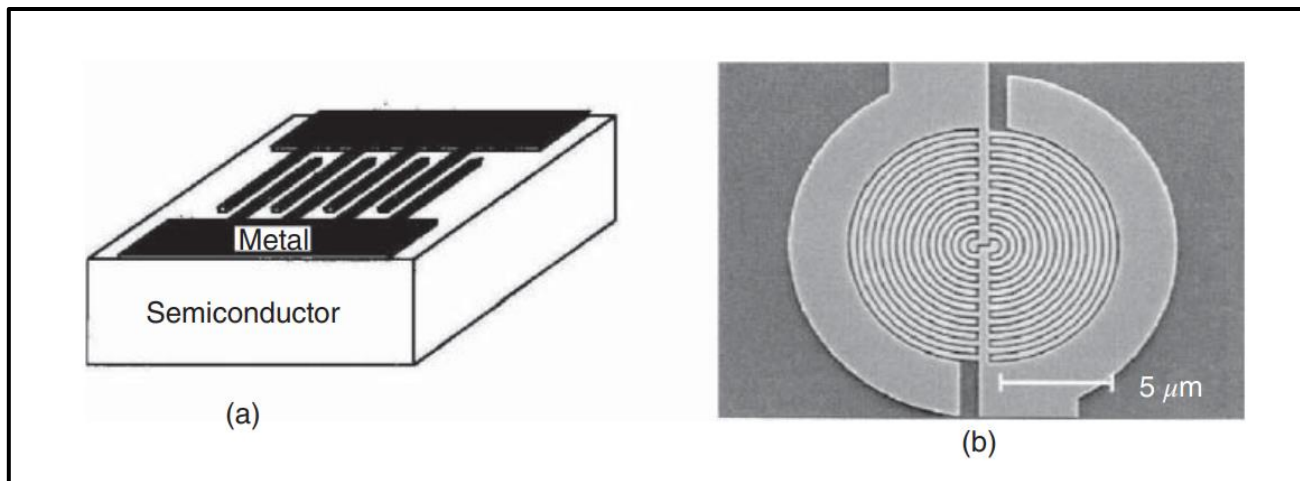
- $\lambda$  : طول الموجة.
- $\eta$  : الكفاءة الذرية.
- $q$  : الشحنة الكهربائية.
- $I_p$  : تيار كهربائي.
- $P_{in}$  : القوة البصرية.



الشكل 10 : APD مع توزيع المجال الكهربائي داخل طبقات مختلفة تحت التحيز العكسي [28].

#### 4.1- ثنائي الضوء MSM ( Metal-Semiconductor-Metal ) :

- أجهزة الكشف الضوئي و المعروفة بإسم كاشف المعادن-أشباه الموصلات-المعادن ( MSM ), حيث في هذا النوع من الكواشف يتم وضع طبقة ماصة لأشباه الموصلات بين قطبين معدنيين. يتم تكوين حاجز شوكتي ( Schottky barrier ) حيث يكون هذا الحاجز عند كل واجهة بين المعدن و شبه الموصل والتي تمنع تدفق الإلكترونات من المعدن إلى شبه الموصل. مثل الثنائي الضوئي PIN تتولد أزواج من ثقب الإلكترون من خلال إمتصاص تدفق الضوء نحو نقاط التلامس المعدنية, نتيجة لذلك ينتج تيار ضوئي يمثل مقياسا للطاقة. على عكس الثنائي الضوئي PIN أو ADP لا يستلزم وجود لتقاطع, مما يعني ان جهاز الكشف الضوئي MSM يستخدم أبسط تصميم. [28]



الشكل 11 : الكاشف الضوء MSM [28].

**خاتمة:**

في هذا المحور تطرقنا إلى المرسلات و المستقبلات البصرية حيث قمنا فيه بشرح المستقبلات البصرية والمتمثلة في الليزر, و تطرقنا أيضا إلى الطيف الضوئي و مناطقه و أطواله الموجية أيضا قد ذكرنا أنواع الليزر و مبدأ عمله و مكوناته , و ذكرنا أنواع المستقبلات أيضا.

# المحور الثالث

شبكة FTTH

## مقدمة :

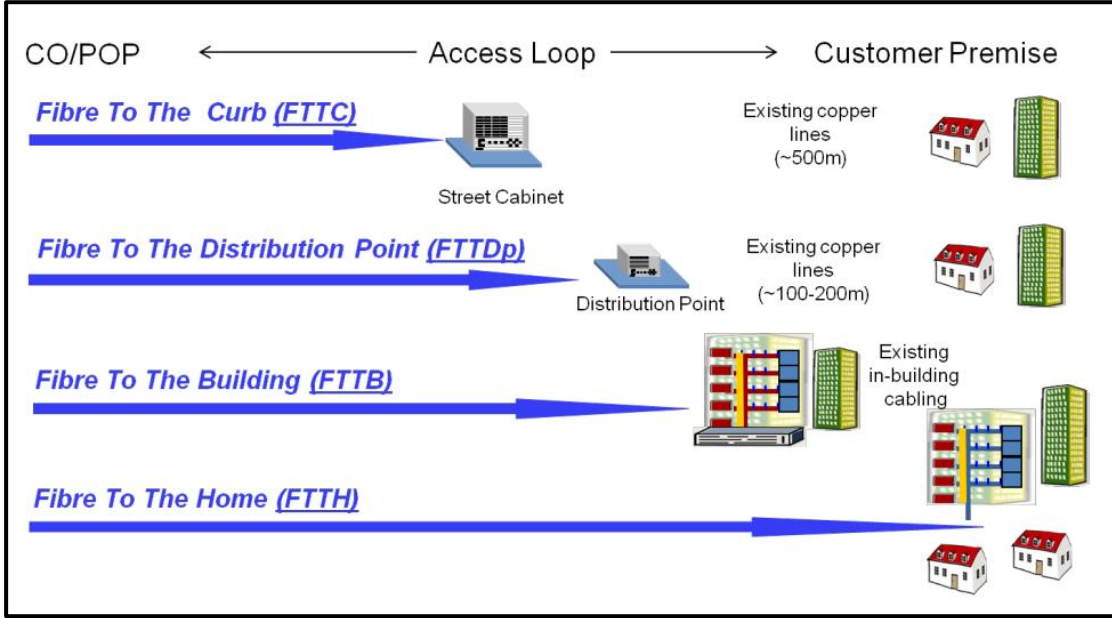
مع تطور التكنولوجيا اثبتت الالياف الضوئية الى المنازل انها الخيار الأمثل لشبكة NGA حيث تكون سرعته عالية لمنصة الوصول. حققت الالياف الضوئية جذب كبير للمستخدمين حيث يوجد اكثر من 100 مليون مشترك في جميع دول العالم وقد اصبح تغيير الاسلاك النحاسية الى شبكة FTTH قيد التنفيذ كليا , وذلك بسبب جودة خدمة عالية للوصول الصاعدة وسرعات كبيرة للوصول الهابطة في زمن وصول اقل. هذا يجعل شبكة الالياف الضوئية الى المنازل منافس قوي في السنوات القادمة , تقدم الالياف الضوئية مجموعة من الحلول لتغطية مشاكل النشر المختلفة ومع اضافة تقنيات جديدة مثل NG-PON2 فان FTTH لاتقف عند المنازل او المستخدم النهائي فقط بل تكون قادرة على وظائف أخرى مثل سحابة الاتصال , عملاء المؤسسات , النقل الامامي و النقل الخلفي المتنقل. [32]

## 1- تعريف الالياف الضوئية الى المنازل FTTH :

هي استبدال البنية التحتية النحاسية كاسلاك الهاتف والكابلات المحورية الى الياف ضوئية لتوصيل اشارة ضوئية الى معدات تبديل المشغل الى المنزل , وهي طريقة جديدة وسريعة لتغطية نطاق ترددي اعلى للمستخدمين و الشركات يعطي اتصال المنازل بالالياف الضوئية جودة عالية في عرض النطاق الترددي الذي يحتاجه المستخدم حيث تصل سرعة نقل البيانات في الالياف الضوئية ثنائية الاتجاه الى 100 ميغا بت في الثانية وهي تكنولوجيا تقوم باستخدام الالياف الضوئية من نقطة مركزية مباشرة الى المستخدم الفردي ( مباني سكنية, شركات, مساكن, مستشفيات و ادارات ) للحصول على تدفق عالي وسرعة كبيرة في الانترنت , تصل سرعة الاتصال الى 100 ميغابت في الثانية وهي اسرع بمقدار 20 الى 100 مرة من خط الاتصال المشترك DSL وهي مجموعة من الالياف الصناعية وتصنع من الزجاج النقي ويكون سمكها رقيق جدا بحيث يكون سمكها ارق من سمك الشعيرة الواحدة حيث يتم ضم مجموعة من هذه الالياف لتشكيل كابل ضوئي ينقل الاشارات. [30] [29] [33]

2- هندسة شبكات FTTx :

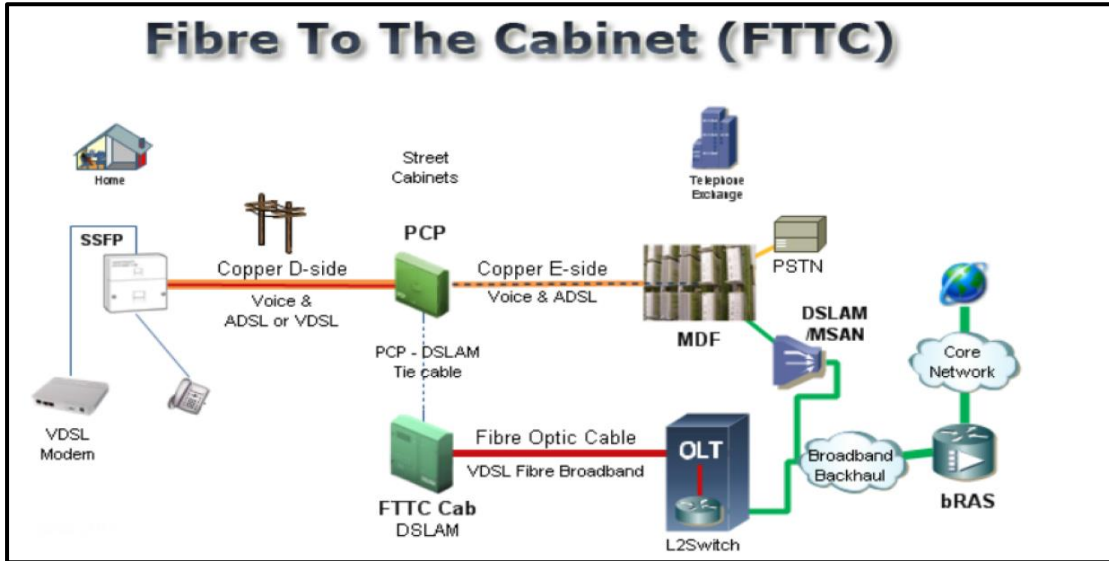
الشكل 1 يوضح الشكل العام لشبكة FTTx.



الشكل 1 : يوضح شبكة الاليف الى المنازل المختلفة FTTX [32].

1.2- الاليف الى الرصيف FTTC :

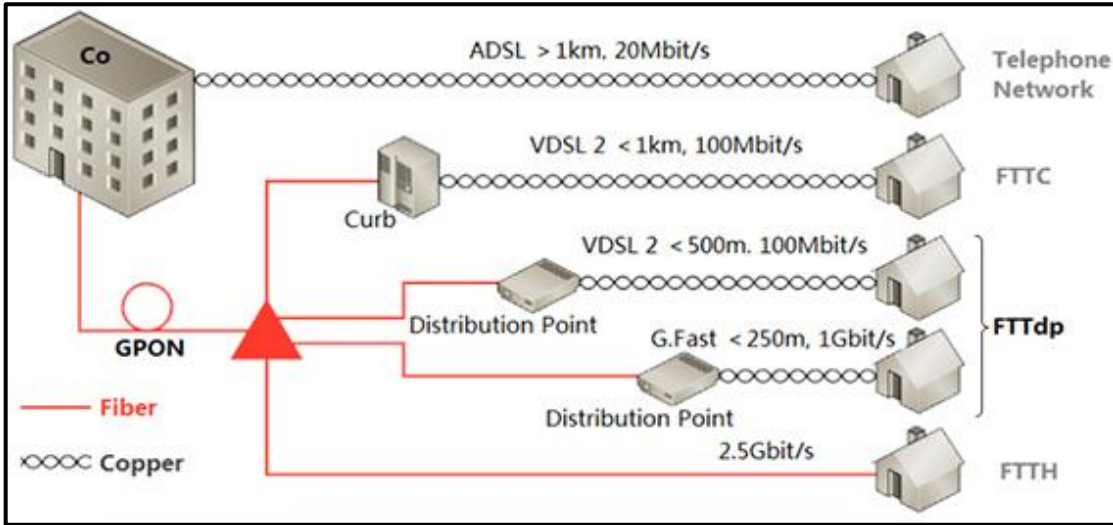
هو محول DSL على شكل خزانة يوضع في الشارع و تكون متصلة ب POP عبر زوج من الاليف او الياف مفردة ,حيث تقوم بجمع حركة مرور الحي عبرجيجابت ايترنت , ويكون هذا المحول من النحاس VDSL2 Vectoring أو VDSL2 وتطلب عناصر شبكة نشطة ويطلق عليها اسم Active Ethernet [32]



الشكل 2 : يوضح شبكة الاليف الى الرصيف FTTC [32].

## 2.2- الالياف الى نقطة التوزيع FTTDp:

هو ربط POP بنقطة التوزيع بواسطة الالياف الضوئية ثم الى مباني المستخدمين عبر البنية التحتية وعادة مايكون في الطابق السفلي للمبنى وهو يدعم تقنية VDSL أو GFast لمسافة قصيرة لا تفوق 250 مترا. [32]

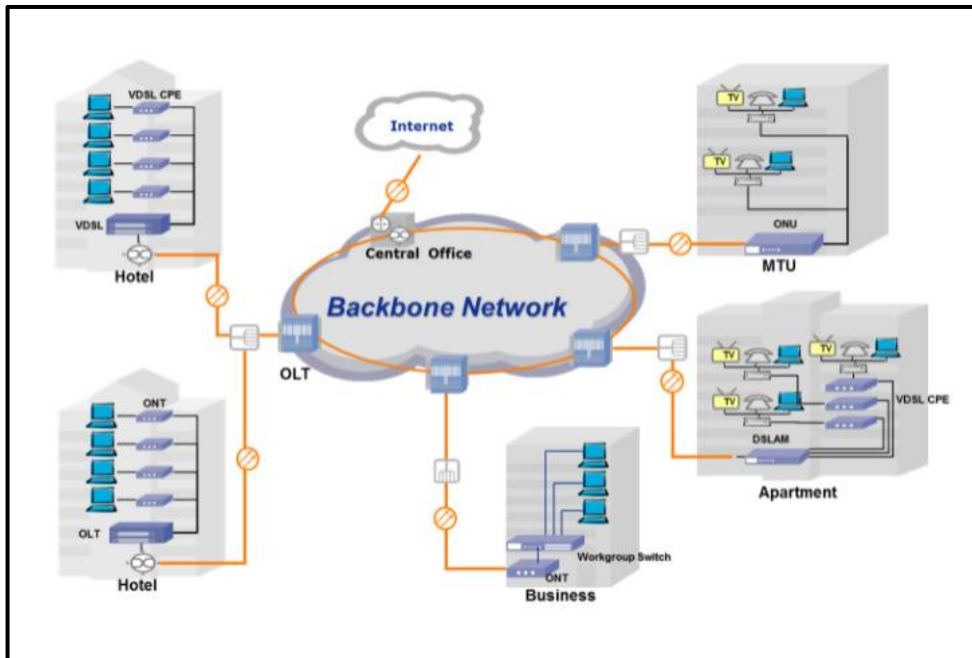


الشكل 3 : يوضح شبكة الالياف الى نقطة التوزيع FTTDp [32].

## 3.2- الالياف الى المبنى FTTB:

هو انهاء ضوئي في المبنى على شكل صندوق ويكون في الطابق السفلي للمبنى متصل منفذ POP في الجهاز او باستخدام الالياف المغذية المشتركة ل POP عبر الياف ضوئية فاصلة ويتناسب مع شكل من اشكال النقل بواسطة اترنت.

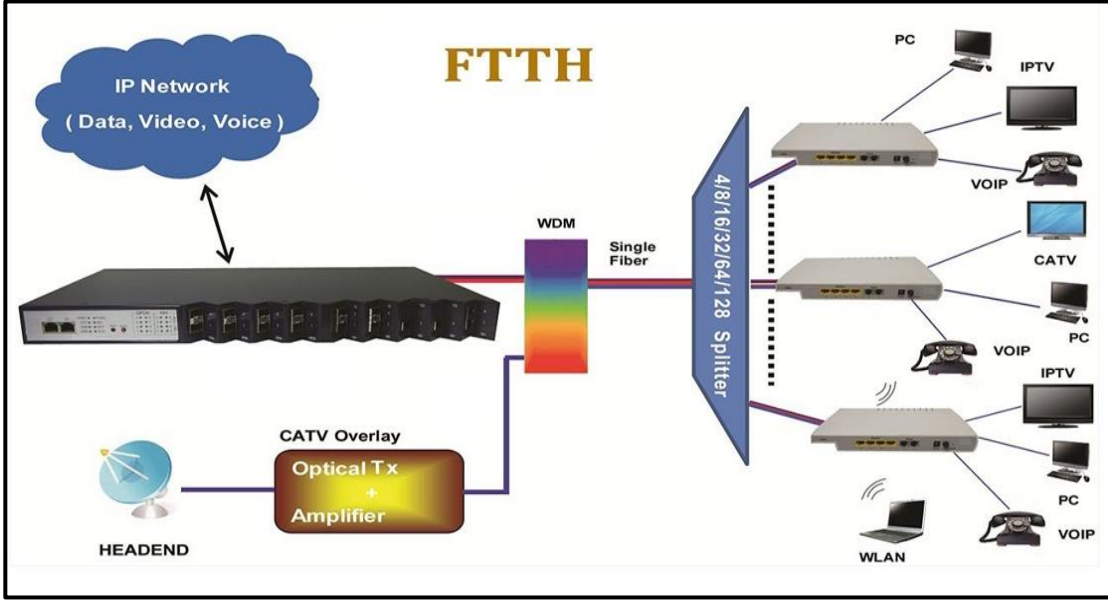
انتشار استخدام الالياف الضوئية الموجودة في طوبولوجيا معينة تحطة الالياف و المنافذ في شبكة POP . [32]



الشكل 4 : يوضح شبكة الالياف الى المبنى FTTB [32].

## 4.2- الاليف الى المنازل FTTH:

يقوم برابط كل مستخدم بمنفذ على شبكة الاليف الضوئية في معدات الملوثات العضوية الثابتة باستخدام الاليف الضوئية المغذية المشتركة لنقل BASE-BX10100 أو BASE-BX101000 لتقنية Ethernet أو ( GPON EPON ). [32]



الشكل 5 : يوضح شبكة الاليف الى المنزل FTTH [32].

## 3- طبولوجيا و تكنولوجيا شبكة FTTH:

تشير بنية الشبكة إلى تصميم شبكة اتصالات وتوفر إطاراً لمواصفات الشبكة من المكونات المادية إلى الخدمات. شبكة الوصول هي جزء من شبكة الاتصالات التي تتصل مباشرة بالمستخدمين النهائيين. من أجل تحديد العمل البيئي للبنية التحتية الخاملة والنشطة ، من المهم التمييز بشكل واضح بين الهياكل المستخدمة لنشر الألياف (البنية التحتية السلبية) والتقنيات المستخدمة لنقل البيانات عبر الألياف (المعدات النشطة) . الهيكلا الأكثر استخداماً هما من نقطة إلى عدة نقاط ، والتي غالباً ما يتم دمجها مع تقنية الشبكة الضوئية المنفصلة PON ، ومن نقطة إلى نقطة ، والتي تستخدم عادةً تقنيات إرسال Ethernet . [41]

## 1.3- طبولوجيا من نقطة الى نقطة P2P :

توفير ألياف مخصصة بين عقدة الوصول أو بروتوكول POP والمشارك، لكل مشترك اتصال مباشر بألياف مخصصة. من المحتمل أن يتكون المسار من المكتب المركزي CO إلى المشترك من عدة أقسام من الألياف المرتبطة بوصلات أو موصلات ، ولكنه يوفر مساراً ضوئياً مستمراً من عقدة الوصول إلى المنزل. تستخدم معظم عمليات نشر FTTH الحالية من نقطة إلى نقطة شبكة إيثرنت ، والتي يمكن مزجها مع أنظمة نقل أخرى لتطبيقات الأعمال مثل القناة اللبيفية ، SONET / SDH يمكن أن يشتمل هذا الهيكل أيضاً على تقنيات PON عن طريق وضع المقسمات الضوئية السلبية في عقدة الوصول. [41]

**2.3- طبولوجيا من نقطة الى عدة نقاط P2MP:**

توفير ألياف "مغذي" واحدة من المكتب المركزي أو POP إلى نقطة تفرع ومن هناك يتم نشر ألياف فردية مخصصة للمشترك. تستخدم تقنية الشبكة الضوئية السلبية مثل GPON مقسمات بصرية سلبية عند نقطة التفرع ويتم تشفير البيانات بحيث لا يتلقى المستخدمون سوى البيانات المخصصة لهم. يمكن أيضًا استخدام تقنية Ethernet النشطة للتحكم في وصول المشتركين في طبولوجيا من نقطة إلى عدة نقاط تتطلب وضع محولات Ethernet في الحقل. كل مشترك لديه اتصال منطقي من نقطة إلى نقطة ويقوم المستخدم النهائي بإرسال واستقبال البيانات المخصصة له فقط. [41]

**4- أجهزة تركيب شبكة الاليف الى المنزل FTTH:****1.4- محطة الخط البصري (Optical Line Terminal) OLT:**

وهو جهاز يقوم بالتحكم بنشر المعلومات عبر شبكة التوزيع البصري ODN , ويقوم بالانتقال في كلا الاتجاهين اثناء التواجد في المكتب المركزي و المسافة القصوى المدعومة للإرسال عبر ODN هي 20 كم , حيث يتكون OLT من اتجاهين هما:

- المنبع : يعمل على توزيع أنواع مختلفة من البيانات و حركة الصوت من المستخدمين .

- المصب : يقوم بجمع البيانات و حركة الصوت و الفيديو من شبكة المسافات الطويلة و ارسالها الى جميع وحدات ONT عبر ODN , و الصورة التالية توضح احد انواع محطة الخط البصري OLT . [34]



الصورة 1 : محطة الخط البصري OLT [42].

**2.4- اطار التوزيع البصري ODF:**

وهو جهاز يستخدم لتوصيل الكابلات بين مرافق الاتصالات ويقوم الجهاز بالربط و الدمج بين الالياف , وانهاء الالياف و محولات الالياف البصرية و الموصلات و وصلات الكابلات في وحدة واحدة , ويعمل الجهاز على حماية اتصالات الالياف البصرية من التلف , و الصورة التالية توضح احد أنواع اطار التوزيع البصري ODF . [35]



الصورة 2 : اطار التوزيع البصري ODF.

**3.4- الموزعات الفرعية البصرية SRO:**

هو جهاز يستخدم لتوصيل الالياف البصرية الرئيسية و كابل التوزيع البصري في الخارج , ويعتبر نقطة وصل بين محطة الخط البصري ODF و نقطة الربط البصري PBO , و الصورة الموالية توضح احد انواع الموزعات الفرعية البصرية SRO. [36]



الصورة 3 : الموزعات الفرعية البصرية SRO.

#### 4.4- صندوق توزيع الالياف PBO:

وهو عبارة على صندوق يتم تثبيته في الحائط او على عمود بدون او مع مقسمات للتطبيقات الداخلية و الخارجية , ويستخدم للربط المباشر , التفرع , التقسيم و انتهاء الالياف ويعتبر كصندوق توزيع الياف عالي الكثافة , والصورة التالية توضح احد انواع PBO. [37]



الصورة 4 : صندوق توزيع الالياف PBO.

## 5.4- المحطة الطرفية الشبكة الضوئية ONT:

وهو جهاز يقوم بتحويل الاشارات الضوئية الى اشارات كهربائية للارسال , يحتوي الصندوق على اسلاك طاقة متصلة بالموقع من خلال وحدة امداد الطاقة , حيث تنتقل الصوت و البيانات بطول موجي 1490 نانومتر واستقبال طول موجي 1550 نانومتر و استقبال الفيديو بطول موجي 1550 نانومتر , تحتوي على خدمة الهاتف التقليدية , و الصورة التالية توضح احد انواع المحطة الطرفية الشبكة الضوئية ONT . [38]

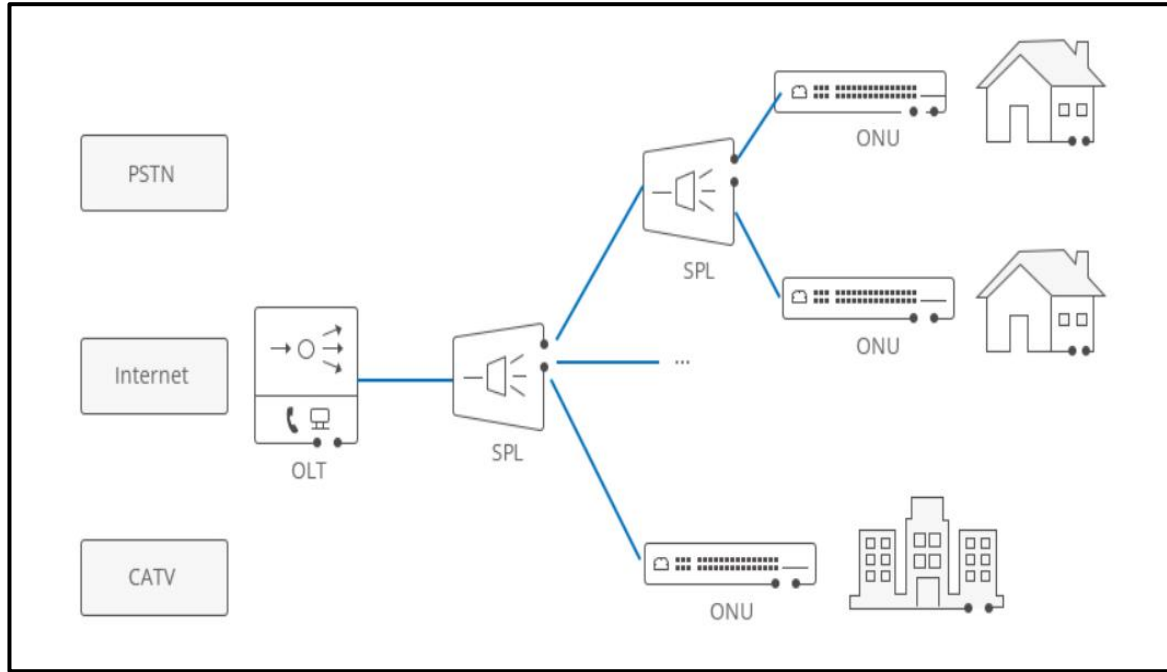


الصورة 5 : المحطة الطرفية الشبكة الضوئية ONT.

## 5- وحدة الشبكة الضوئية (ONU) و محطة الشبكة الضوئية (ONT) :

يعمل ONU على تحويل الاشارات الضوئية المرسله الى اشارات كهربائية ثم يتم ارسال هذه الاشارات الى المستخدمين الفرديين , حيث ان هناك شبكة وصول بين ONU ومباني المستخدمين النهائيين , يعمل ONU ايضا على تجميع و تجهيز مختلف البيانات الواردة من المستخدمين وارسالها الى OLT . يسمح OLT بالتسليم السلس لتعويم البيانات و دعم تخصيص النطاق الترددي حيث يصل في دفعات من المستخدمين .

تسمى عملية تحسين البيانات واعداد تنظيمها ليتم ارسالها بشكل اكثر كفاءة بالاستمالة . يمكن ان نقول ان ONU هو نفسه OLT من حيث العمل , OLT هو مصطلح ITU-T و ONU هو مصطلح IEEE حيث يعمل كلاهما في نظام GEAPON . [37]



الشكل 6 : يوضح وحدة الشبكة الضوئية ONU و محطة الشبكة الضوئية ONT [43].

## 6 - مميزات الاليف الضوئية الى المنازل FTTH مقارنة بالاسلاك النحاسية: [31]

- عالية السرعة.
- نقاوة الاشارة ودقة المعلومة .
- ثبات السرعة حتى عند زيادة المسافة .
- استخدامه في السافات الطويلة.
- توفير اكبر عدد ممكن من الخدمات وسهولة توفيرها .
- يمكنه دعم خدمات مستقبلية .
- قليلة التكلفة .

## 7- خصائص شبكة الاليف الى المنازل FTTH:

### التنزيل (Download for Data) :

تكون السرعة الاجمالية المشتركة في شبكة GPON هي 2.488 جيجابت في الطول الموجي 1490 نانو متر , حيث ان كل الاجهزة الطرفية تكون مستقبلة للاشارات كلها و قابلة للمعلومات المعنوية للجهاز المستقبل فقط ويتم اعتماد اقصى سرعة لجهاز طرفي واحد 100 ميجابت. [36]

### الرفع (Upload for Data) :

تكون اجمالية السرعة المشتركة هي 1.244 جيجابت في الطول الموجي 1310 نانو متر . كل جهاز طرفي يرسل اشارته في الاوقات المبرمجة له من البورت و المغيرة باستمرار وذلك باحترام الاولويات , السرعات المتفق عليها , مستوى التزامم و دقة الجودة . [36]

### التنزيل (Download for Video) :

لكل جهاز طرفي واحد سرعة أقصاها 100 ميجابت باستخدام الطول الموجي 1550 نانو متر لنقل الفيديو. [36]

**خاتمة:**

في هذا المحور قد تطرقنا إلى هندسة شبكات FTTx والتي تسمح بتقريب الألياف البصرية من المستخدمين مثل: FTTB و FTTC و FTTP و خصوصا شبكة FTTH والتي تربط المستخدم مباشرة بشبكة الألياف البصرية, حيث قمنا بالتطرق لطبولوجيا وتكنولوجيا هذه الشبكة وكذلك تطرقنا أيضا إلى أجهزة تركيب هذه الشبكة وذكرنا خصائصها و مميزاتها.

# الفصل الثاني

دراسة و متابعة ميدانية لتثبيت شبكة  
FTTH بحي الأمير برباح كحالة ميدانية

## المقدمة :

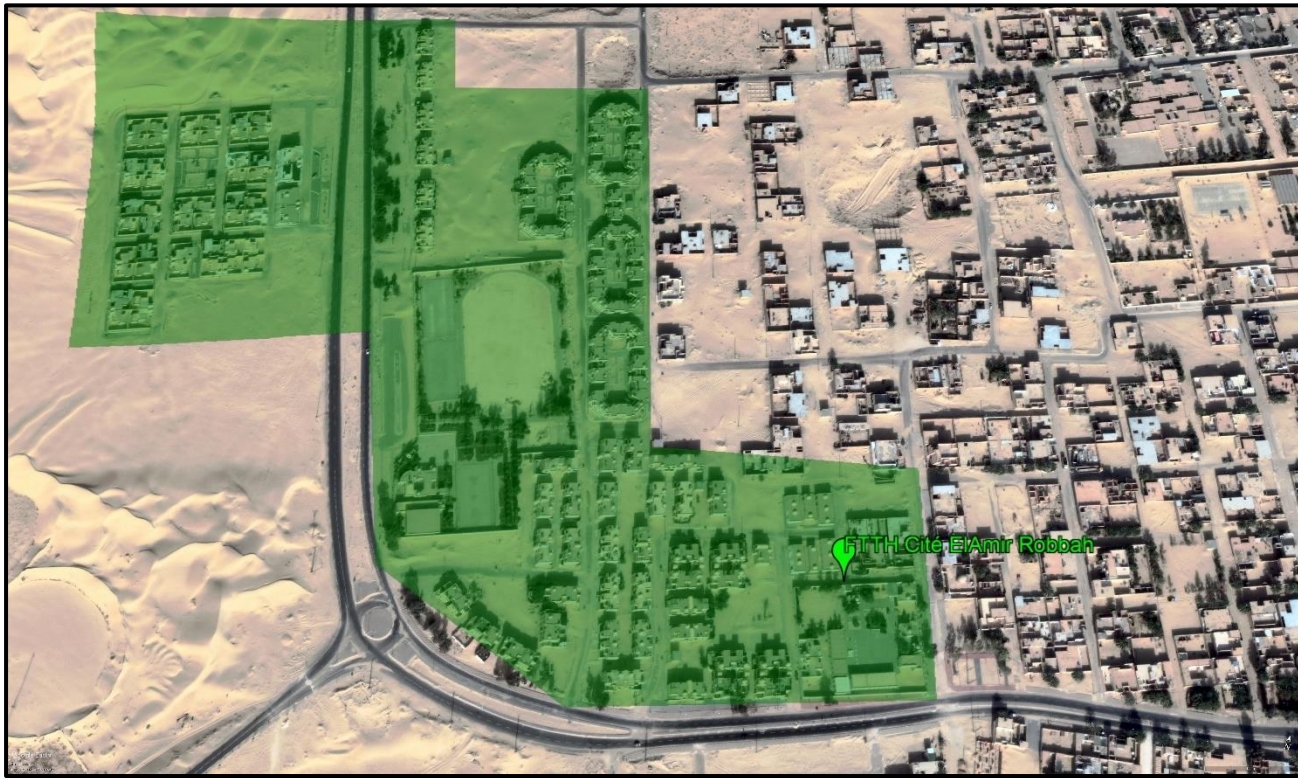
في هذا الجزء لقد قمنا بزيارة حي الأمير بولاية الوادي و ذلك تحت إشراف مركز الصيانة و الدعم البصري CMSO التابع لولاية الوادي قصد دراسة و متابعة مراحل تركيب شبكة FTTH, وانطلاقا من هذه الدراسة قد قمنا بتقديم شرح مفصل حول تركيب هذه الشبكة.

## 1- متابعة ميدانية حول تثبيت شبكة FTTH بحي الأمير بارباح بولاية الوادي:

## 1.1- هندسة الخطوط ( CIL ) :

قبل التطرق لعملية تثبيت شبكة FTTH يستوجب علينا ذكر قسم هندسة الخطوط ( CIL ) وهو أحد أهم أقسام شركة إتصالات الجزائر و هو المسؤول على دراسة المنطقة المراد تثبيت شبكة FTTH بها.

## 2.1- صورة جوية لحي الأمير بارباح بولاية الوادي:



الصورة 1: صورة جوية لحي الأمير.

### 3.1- تثبيت شبكة FTTH:

تمر عملية تثبيت شبكة FTTH بمرحلتان أساسيتان وهما مرحلة الدراسة الأولية و مرحلة الدراسة النهائية.

#### (a)- مرحلة الدراسة الأولية:

وتسمى هذه المرحلة أيضا بـ APS ( avant projet sommaire ) حيث يقوم قسم هندسة الخطوط في هذه المرحلة بعملية إحصاء لعدد العملاء المحتملين في تلك المنطقة يتم إرسال فريق لدراسة السكنات و حالتها إما مكتملة او غير مكتملة, وعلى حسب هذه الدراسات يتم عد المعدات الواجب توفيرها ليتم تغطية هذه المنطقة وهذه المعدات تتمثل في ( SRO - BPE – PBO – PRISE OPTIQUE ).  
- الجدول 1 يوضح عدد العملاء المحتملين :

ILOT	Nom de Bloc	Total Client Potentiel
	597	4
	598	4
	1284	4
	1282	4
	1285	4
	1286	4
	1276	10
	1277	2
	1278	12
	1279	10
	1280	2
	1281	8
	1275	4
	1272	10
	1271	2
	1270	8
	1267	10
	1266	2
	1265	8
	1255	4
	1254	4
	1253	4
	1251	4

	1252	4
	573	4
	574	4
	575	4
	576	4
	577	4
	1263	4
	1262	4
	1261	4
	1256	4
	1250	4
	1237	4
	1241	4
	1240	4
	1242	4
	1238	4
	1249	4
	1257	4
	1258	4
	1260	4
	1248	8
	1247	8
	572	2
	1244	4
	1243	4
	1239	4
	571	8
	570	8
	1013	6
	1288	4
	1290	4
	1291	3
	1287	3
	387A	8
	387B	8

	1320	4
	1321	4
	1322	2
	1323	6
	1324	4
	1331	4
	1325	4
	1326	4
	1327	6
	1329	6
	1330	4
	1334	4
	1332	4
	1333	4
	<b>Complexe sportif</b>	8
	<b>1015-ECOLE</b>	8
	<b>Total Equipment Passif:</b>	<b>366</b>

الجدول 1: عدد العملاء المحتملين في المنطقة.

كما نلاحظ من الجدول 1 انه بعد الاحصاء قد تبين ان عدد العملاء المحتملين في هذه المنطقة هو 366 عميل, الان تتم عملية عد المعدات اللازمة لي يتم تغطية المنطقة بالكامل, الجدول 2 يوضح عدد المعدات اللازمة لتغطية المنطقة وتثبيت شبكة FTTH.

Nom de Bloc	Total Client Potentiel	PBO 8 FO	PBO 16 FO	Coupleur Optique 1:8 pour PBO	SRO 144	SRO 288	Coupleur Optique 1:8 Pour SRO	Boitier de Protection d'épissure (BPE 24)	Boitier de Protection d'épissure (BPE 48)	Boitier de Protection d'épissure (BPE 72)	Prise Optique																																																																		
597	4	1	0	1							4																																																																		
598	4		0								4																																																																		
1284	4	1	0	1													4																																																												
1282	4		0														4																																																												
1285	4	1	0	1																			4																																																						
1286	4		0																				4																																																						
1276	10	2	0	2																									10																																																
1277	2		0																										2																																																
1278	12	1	0	1																															12																																										
1279	10	2	0	2																																					10																																				
1280	2		0																																						2																																				
1281	8	1	0	1																																											8																														
1275	4	1	0	1																																																	4																								
1272	10	2	0	2																																																							10																		
1271	2		0																																																								2																		
1270	8	1	0	1																																																													8												
1267	10	2	0	2																																																																			10						
1266	2		0																																																																				2						
1265	8	1	0	1																																																																									8
1255	4	1	0	1																																																																									
1254	4		0		4																																																																								
1253	4		0		4																																																																								
						1	7	3	3																																																																				





1333	4		0								4
<b>Complexe sportif</b>	8	1	0	1							8
<b>1015-ECOLE</b>	8	1	0	1							8
<b>Total Equipment Passif:</b>	366	50	0	50	0	1	7	3	3	0	366

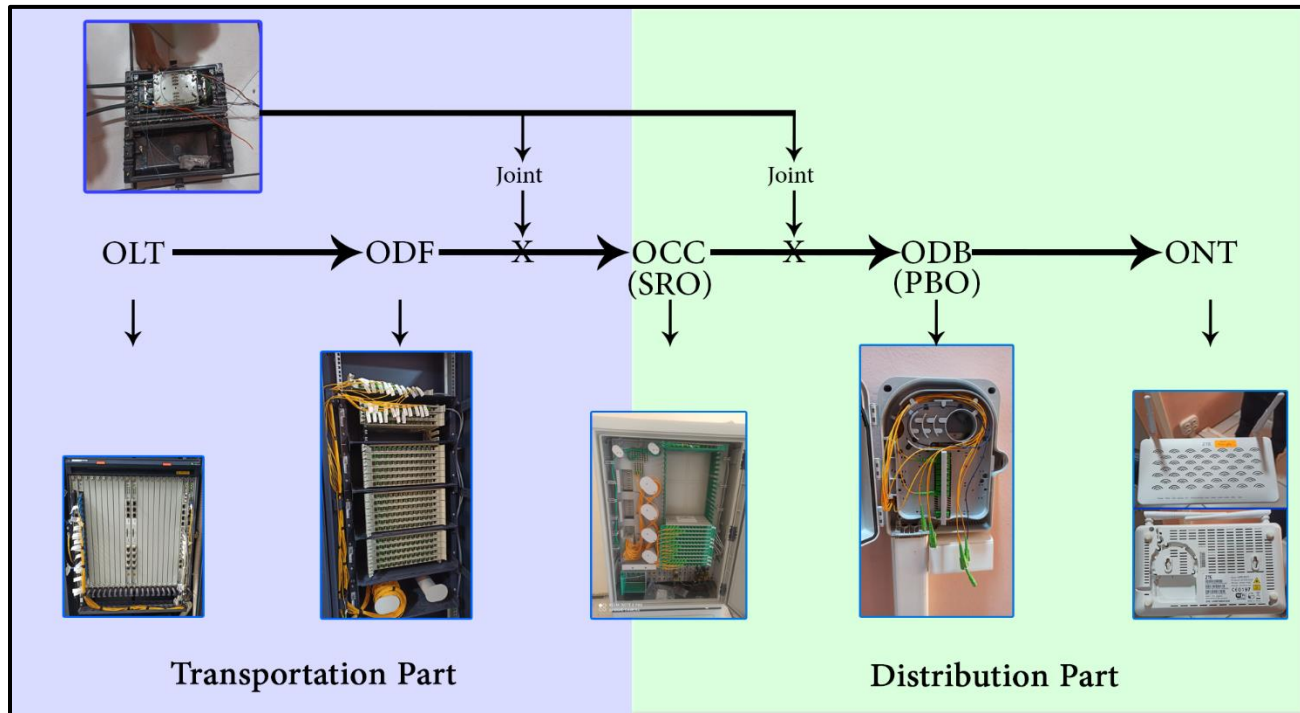
الجدول 2: عدد المعدات اللازمة لتغطية المنطقة.

- بعد الدراسة قد توصل قسم هندسة الخطوط لعدد المعدات اللازمة لتغطية المنطقة و المتمثلة في:
- نحتاج إلى قطعة واحدة من SRO288 ولمزيد من المعلومات أنظر إلى الملحق 2.
  - نحتاج إلى 50 قطعة من PBO 8 FO.
  - نحتاج إلى 7 قطع من Splitter 1 :8 لتوصيلها في SRO.
  - نحتاج إلى 3 قطع من JC24.
  - نحتاج إلى 3 قطع من JC48.

(b)- مرحلة الدراسة النهائية :

بعد إنتهاء مرحلة الدراسة الأولية تبدأ الان مرحلة الدراسة النهائية APD (Avant Projet Detaille) وفي هذه المرحلة يتم تقسيم المعدات وتوزيعها على المنطقة بشكل دقيق ليتم تغطية المنطقة كاملة, وتبدأ هذه الدراسة بتحديد مكان OLT حيث من المستحسن وضعه في مكان يكون محيمي مثلا مدرسة او فرع من إتصالات الجزائر إلى أخره, وأيضا يتم تحديد مكان SRO و PBO بشكل دقيق.

(1.b)- صورة تشرح شبكة FTTH بشكل بسيط :



الصورة 2: شبكة FTTH

**ملاحظة:** يجب ان تكون هناك نقطة تلحيم واحدة في كل من الجزئين جزء النقل و جزء التوزيع و ذلك لتقليل من نسبة الضياع و لمزيد من المعلومات انظر للملحق 3.

## 2- جزء النقل ( Transportation Part ):

كما ذكرنا سابقا هذا الجزء يبدأ من OLT إلى أن يصل إلى SRO, يعتبر OLT المحطة الأولى التي تبدأ منها شبكة FTTH حيث يكون هو المسؤول في تغذية الشبكة وهناك عدة أنواع ل OLT لكن استخدمنا في تركيب شبكتنا نوع واحد وهو OLT ZTE ZX10 C300 وسبب إستخدامهم لهذا النوع هو لكثرة عدد مداخله وبذلك تزداد قدرة إستعابه للعديد من العملاء ولمزيد من المعلومات انظر للملحق 1. بعد الدراسة الدقيقة لقسم هندسة الخطوط قد تم تحديد مكان مناسب ليتم وضع OLT فيه وهذا المكان عبارة عن فرع من إتصالات الجزائر ويتم توضيح هذا المكان في الصورة 3.



الصورة 3: صورة جوية لموقع OLT.

بعد ان يتم تحديد موقع OLT يتم الان تحديد موقع SRO و بعد دراسة قسم هندسة الخطوط قد تم تحديد مكان مناسب لوضع SRO وهذا المكان عبارة عن مدرسة ويتم توضيح المكان في الصورة 4.



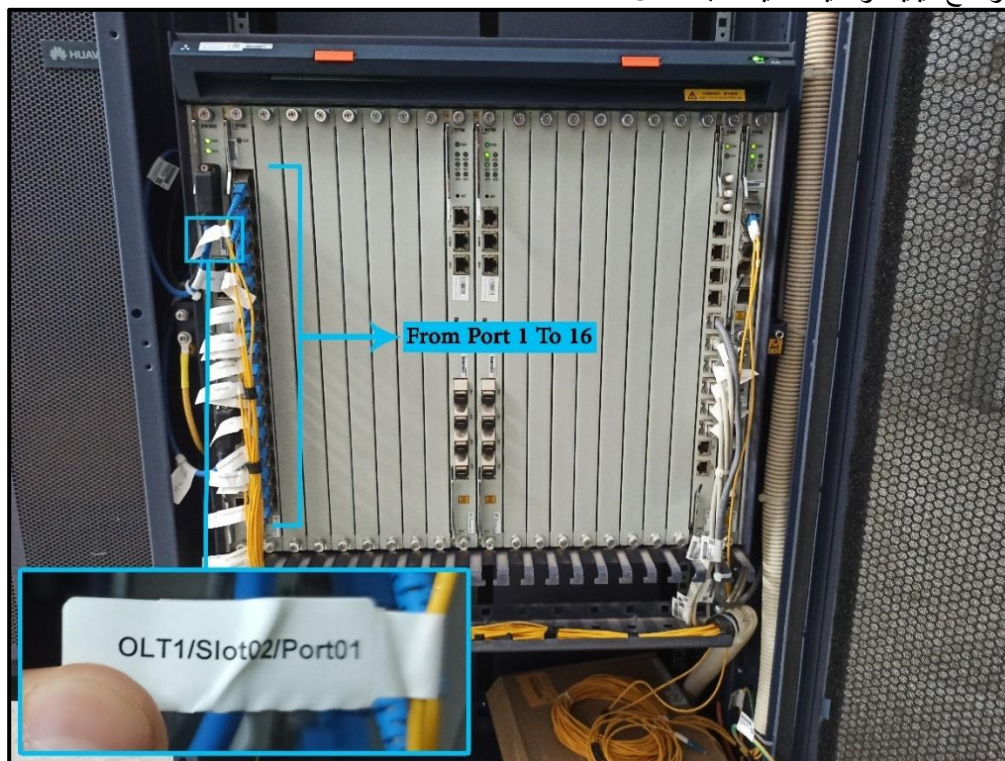
الصورة 4: صورة جوية لموقع SRO.

بعد عملية تحديد موقع OLT و موقع SRO تتم الان عملية الوصل بينها و هي عملية يتم فيها تحديد المسار الذي ستمر به الاليف و المخطط 1 يوضح المسار الذي سيمر به الكابل.



المخطط 1: المسار الذي سيمر به الكابل من OLT إلى SRO

صور واقعية توضح كيفية توصيل الألياف ب OLT



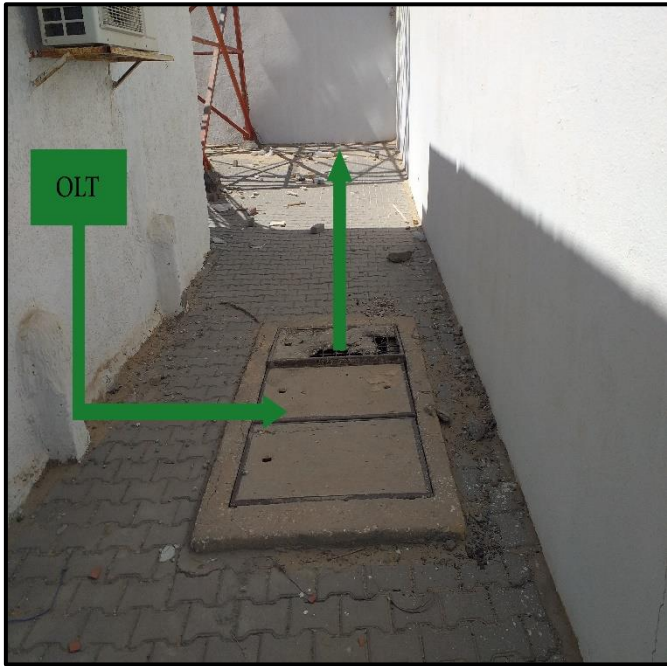
الصورة 5: الألياف الموصولة ب OLT.

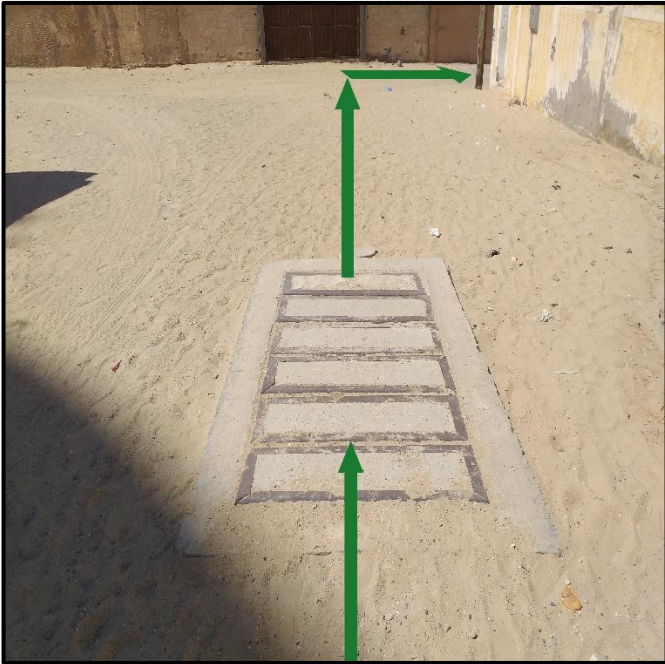
إستعملنا في توصيل ODF ب OLT إلا السبع الألياف الأولى من Port1 إلى Port7, الصورة 6 توضح كيف تم توصيل هذه الألياف.



الصورة 6: الألياف الموصولة ب ODF.

صور حقيقية توضح مسار سير الكابل من مكان OLT نحو SRO.







صورة 7: صورة حقيقية للمسار الذي سيسلكه الكابل.

يوجد العديد من قنوات النقل في هذه الدراسة قد تم استخدام الصنف A3 لمزيد من المعلومات انظر الى الملحق 4 و هذا الصورة تظهر شكل القناة بعد تركيبها.



الصورة 8: نظرة داخل قناة النقل.

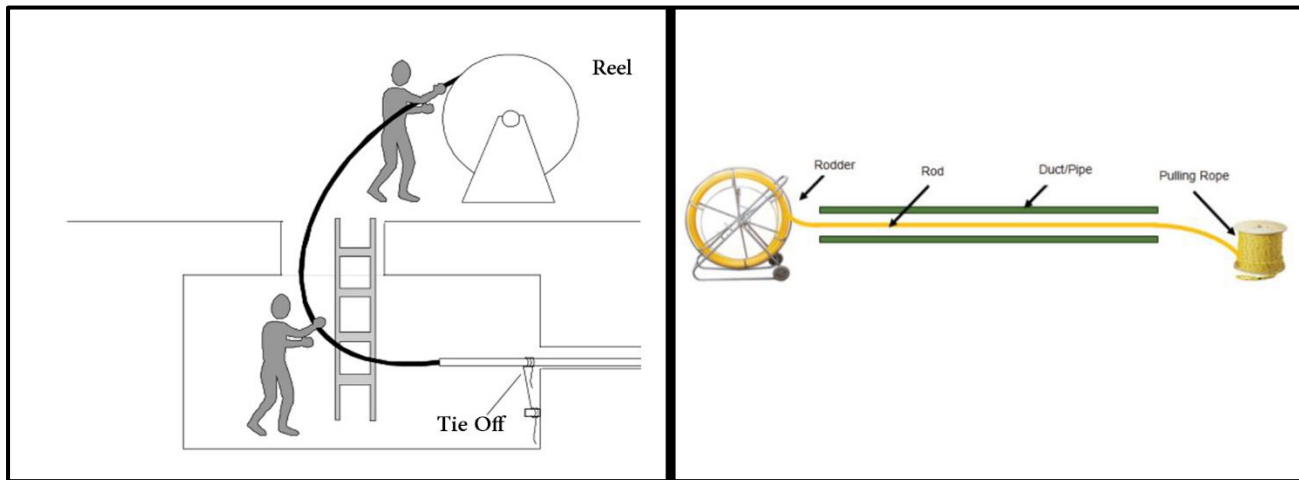
هذه الانابيب يتم تغطيتها بواسطة غطاء قبل عملية تمرير الكابل في الانبوب لكي لا يدخل فيه الرمل, وتتم عملية تمرير الكابل عبر الانبوب بواسطة طريقتين إما السحب أو الدفع عبر ضغط الهواء.

### 1.2- شرح عملية تمرير الكابل عبر القناة :

كما ذكرنا سابقا فعملية تمرير الكابل عبر القناة تتم بواسطة طريقتين:

#### (a) - باستعمال السحب :

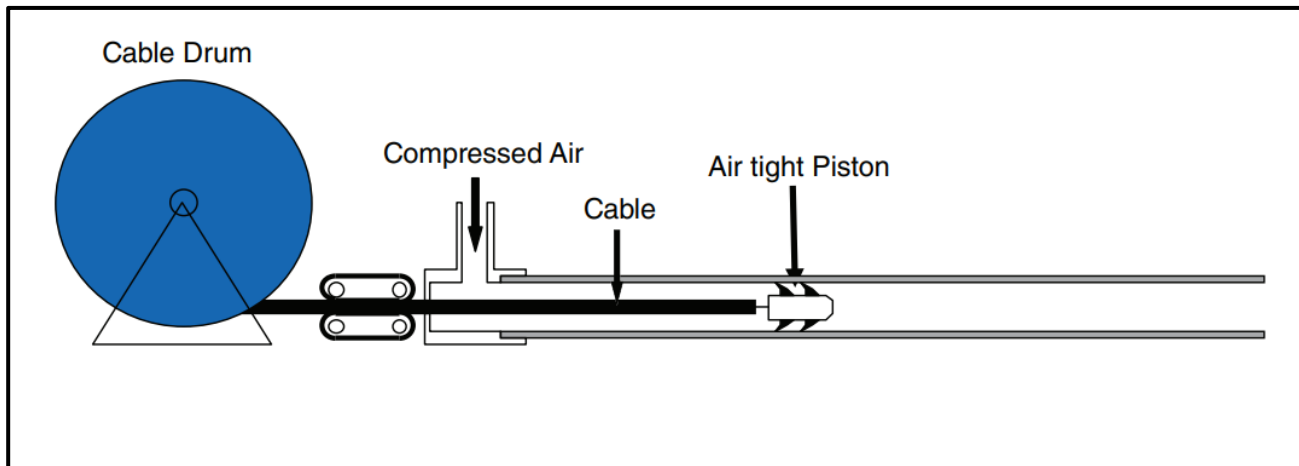
استخدام السحب عادة يكون في جزء التوزيع حيث يتم الربط بين قناتين لا تتجاوز المسافة بينهما 200 متر حيث يتم إدخال إبرة سحب الكابل في القناة الثانية باتجاه القناة الأولى ثم يربط كابل في إبرة سحب الكابل ويتم السحب باليد حتى يخرج الكابل من القناة الثانية , وفي حال إعاقة السحب يتم استعمال للتطبيب داخل أنابيب التوصيل أو استعمال سائل أخرى, والصورة 9 توضح عملية التركيب.



الصورة 9: طريقة السحب.

#### (b) - باستعمال ضغط الهواء :

استخدام ضغط الهواء في الغالب يكون في جزء النقل حيث يكون في المسافات الكبيرة التي لا تقل على 2 كلم حيث تستعمل آلة الضغط لتمرير الكابل من قناة إلى قناة أخرى , والصورة 8 توضح عملية التركيب.



الصورة 10: طريقة الضغط بالهواء.

## 3- جزء التوزيع ( Distribution Part ):

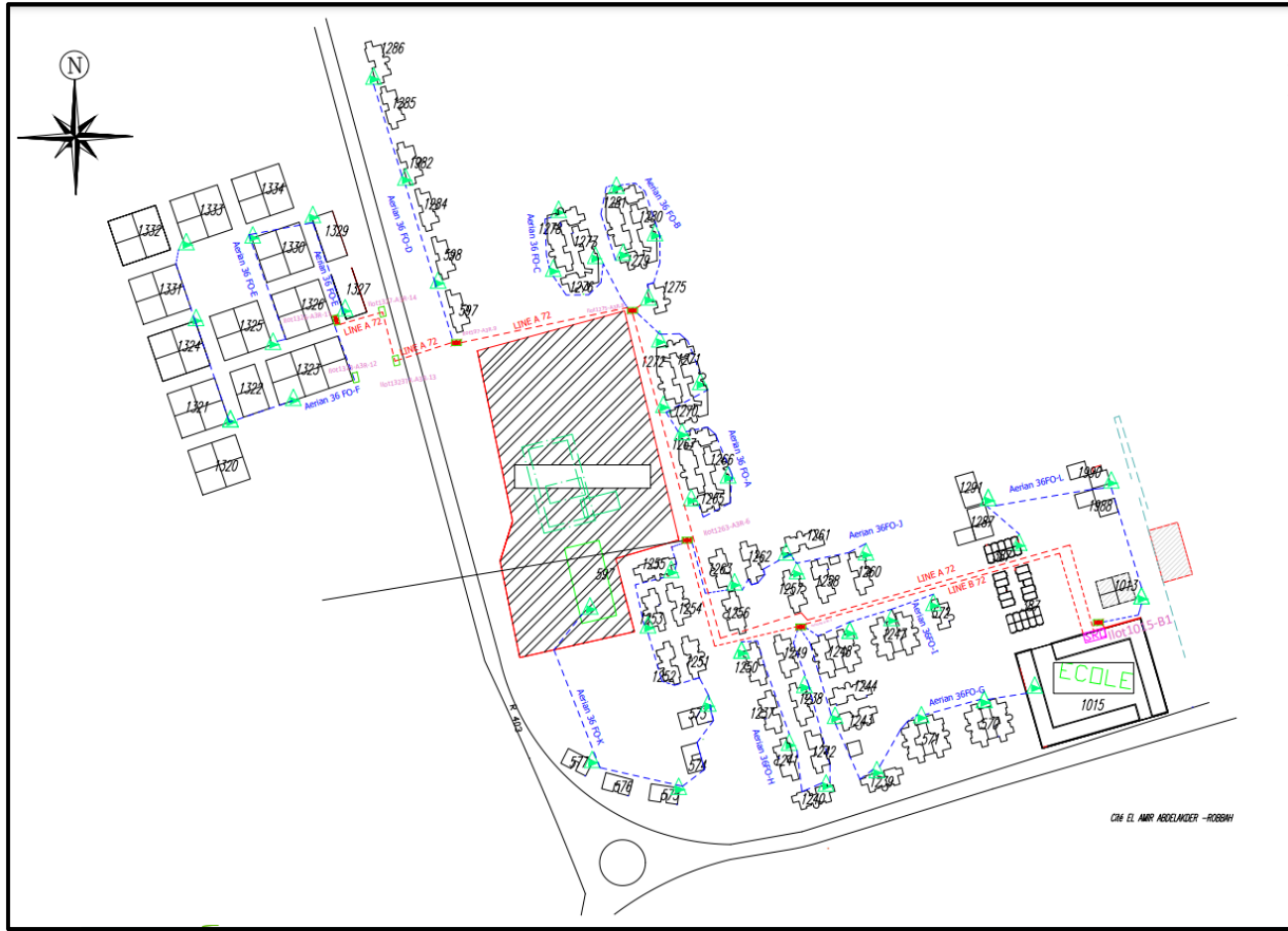
كما ذكرنا سابقا فإن هذا الجزء يبدأ من SRO إلى العميل و يعتبر المحطة الثانية من شبكة FTTH حيث يكون هذا الجزء مسؤول على ربط العميل بالشبكة، وهناك عدة أنواع من SRO وقد تم استخدام نوع واحد وهو SRO288 وسبب إستخدامهم لهذا النوع لأنه يعتبر ثاني أنواع SRO من حيث عدد الأشرطة ولمزيد من المعلومات أنظر للمحق 2.

بعد أن قام قسم هندسة الخطوط بتحديد مكان SRO مسبقا، الآن تأتي عملية دراسة دقيقة لتحديد مسار سير الكابل وتغطية جميع العملاء، المخطط 2 يوضح مسار الكابل لجزء التوزيع.



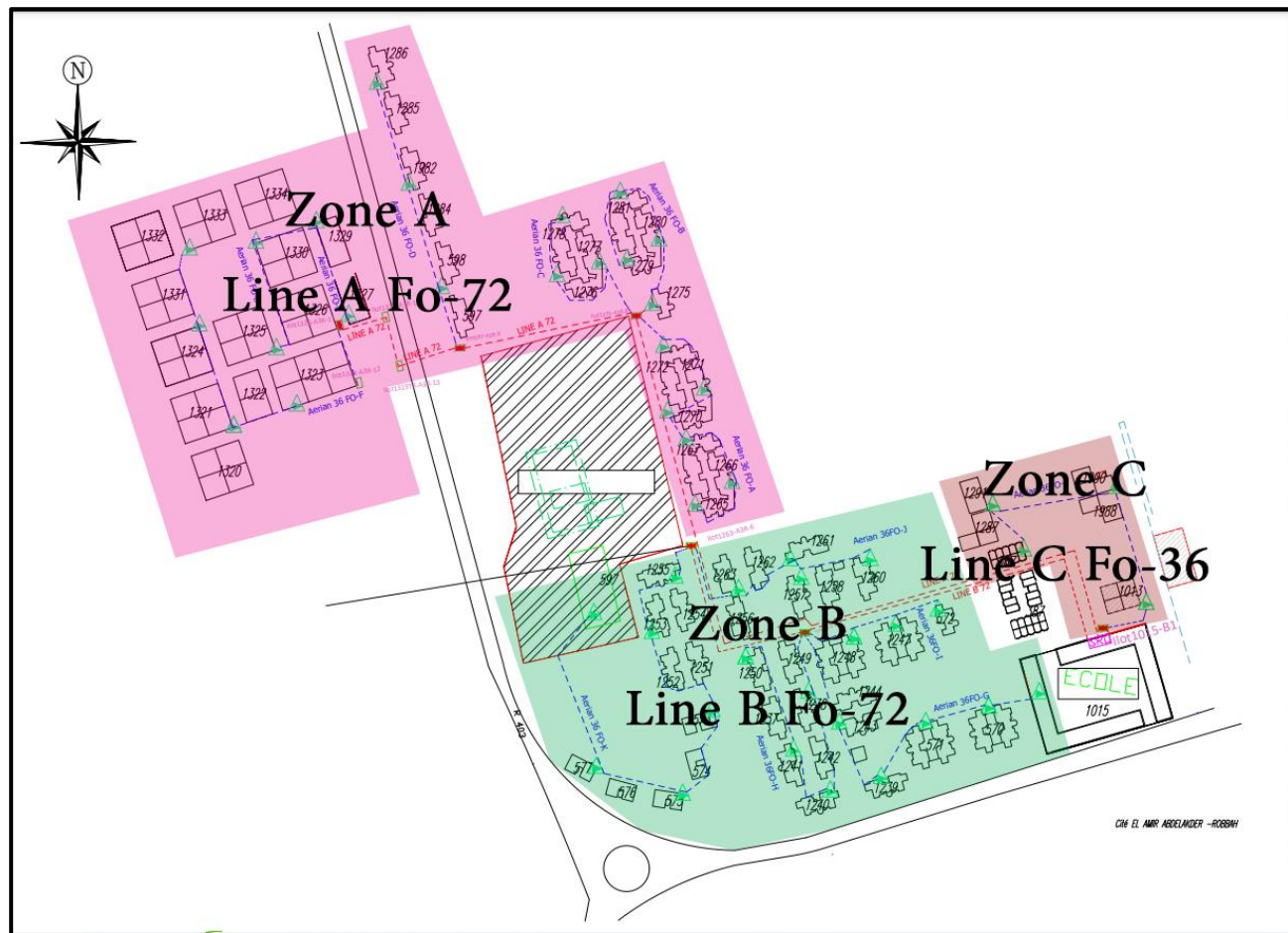
المخطط 2: مسار الكابل لجزء التوزيع.

بعد تحديد مسار الكابل يتم الآن دراسة أماكن ( ODB ) PBO وهي آخر محطة قبل أن يصل الليف للعميل ويتم توزيعها عبر المنطقة بشكل يسمح بتغطية كافة المنطقة، المخطط 3 يوضح تموضع PBO عبر المنطقة.



المخطط 3: تموضع PBO عبر المنطقة.

كما نلاحظ أنه يلزمنا ثلاث كابلات لتغطية المنطقة إثنان من نوع FO 72 وواحد من نوع FO 32, لقد قسمنا منطقة التوزيع إلى ثلاث مناطق A و B و C وكل كابل يذهب إلى منطقة المخطط 4 يوضع هذه المناطق.



المخطط 4: المناطق الثلاثة A و B و C.

صور حقيقية توضح تموضع PBO







الصورة 11: تموضع PBO.

### 1.3- شرح عملي لكيفية توصيل الاليف بالمعدات:

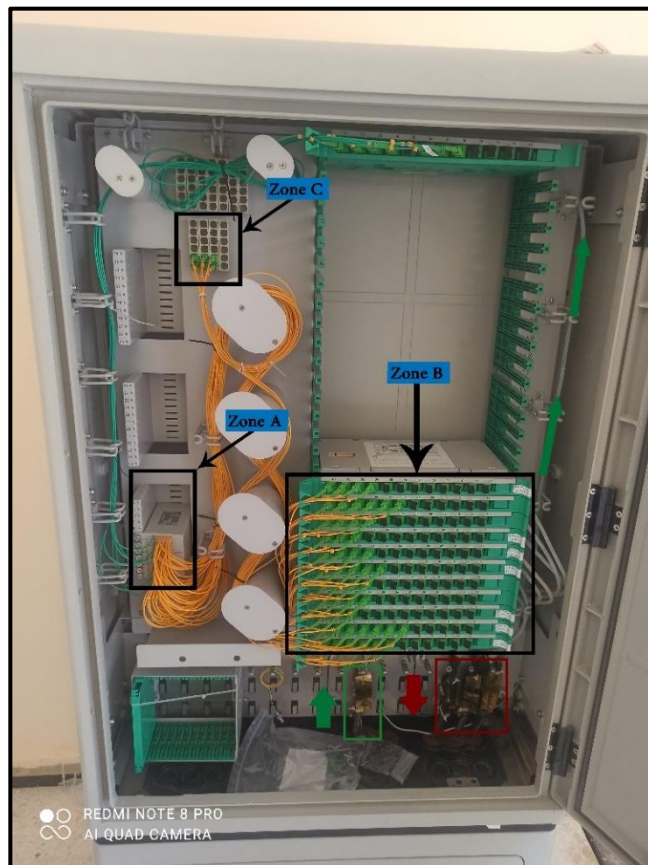
#### 1.1.3- توصيل SRO:

كما ذكرنا في الملحق 2 فإن الشريطين الأول و الثاني خاص بجزء النقل حيث يتم توصيل الليف القادم من ODF في هذين الشريطين, يتم توصيل الليف بنفس الكيفية التي تم توصيلها في ODF لكي يكون عمل منظم, الصورة 12 توضح كيفية توصيل الليف.



الصورة 12: توصيل الاليف بـ SRO.

نشرح باقي مواضع SRO

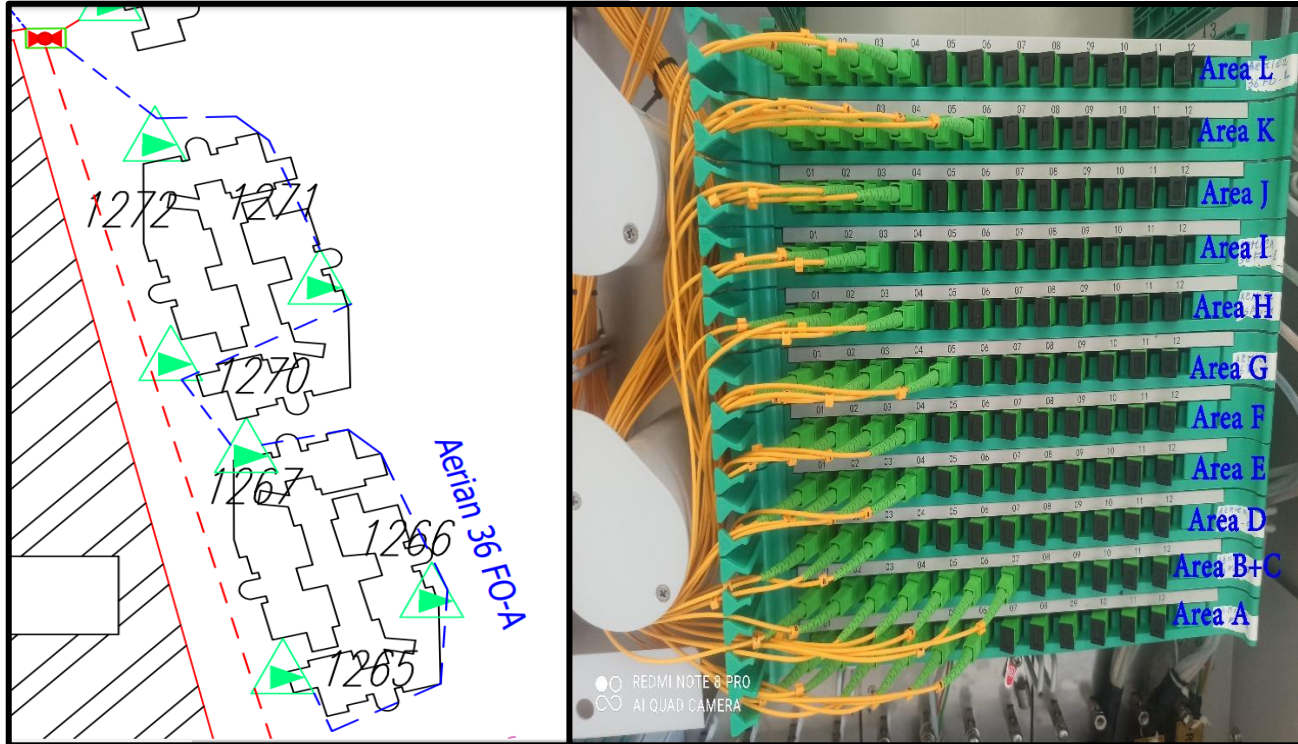


الصورة 13: صورة توضح باقي عناصر SRO.

الحيز A يكون مخصص لوضع Splitter فيه.  
 الحيز B يكون مسؤول على ربط PBO ب SRO.  
 الحيز C يكون مخصص لوضع الاليف الغير مستعملة.  
 ملاحظة: في الحيز B يتم وضع الأشرطة من الأسفل نحو الأعلى.

### 2.1.3- شرح الجزء الرابط بين SRO و PBO:

كما ذكرنا سابقا الحيز B هو الرابط بين SRO و PBO, حيث كل شريط يكون مسؤول على تغذية حي سكني صغير, نأخذ على سبيل الحي السكني A على سبيل المثال, الصورة 14 توضع مخطط الحي و كيفية توصيله ب SRO.



الصورة 14: مخطط الحي السكني A مع كيفية توصيله ب SRO.

يتم توضيح كيفية توصيل الألياف ببعضها البعض لجميع الأحياء في الجدول 3.

SRO			Câble distribution				
N° Coupleur N1 (1:8)	N°Port tête distribution SRO	Distribution D1		Distribution D2		Type PBO (8 FO/16FO)	Code PBO
Port de sortie		Nom du câble/joint	Brin	Nom du câble/joint	Brin		
1	277	câble A 72 FO	1	48 FO-A	1	8 FO	PBO8-1272-T1-b1
2	278		2		2	8 FO	PBO8-1271-T1-b2
3	279		3		15	8 FO	PBO8-1270-T2-b3
4	280		4		16	8 FO	PBO8-1267-T2-b4
5	281		5		29	8 FO	PBO8-1266-T3-b5
6	282		6		30	8 FO	PBO8-1265-T3-b6
	283		7		/	/	/
	284		8		/	/	/
	285		9		/	/	/
	286		10		/	/	/
	287		11		/	/	/
	288		12		/	/	/
7	265		13	48 FO-B	1	8 FO	PBO8-1280-T1-b1
8	266		19		7	8 FO	PBO8-1275-T1-b7
1	267		14	48 FO-C	14	8 FO	PBO8-1281-T2-b2
2	268		15		27	8 FO	PBO8-1279-T3-b3
3	269		16	48 FO-D	4	8 FO	PBO8-1277-T1-b4
4	270		17		17	8 FO	PBO8-1276-T2-b5
5	271		18	STUMP	30	8 FO	PBO8-1278-T3-b6
	272		20		/	/	/
	273		21		/	/	/
	274		22		/	/	/
	275		23		/	/	/
	276		24		/	/	/
5	253		25	48 FO-D	1	8 FO	PBO8-598-T1-b1
7	254		26		14	8 FO	PBO8-1982-T2-b2
8	255		27		27	8 FO	PBO8-1286-T3-b3
	256		28	STUMP	/	/	/
	257		29		/	/	/
	258		30		/	/	/

	259		31		/	/	/
	260		32		/	/	/
	261		33		/	/	/
	262		34		/	/	/
	263		35		/	/	/
	264		36		/	/	/
1	241		37	48 FO-E	1	8 FO	PBO8-1327-T1-b1
2	242		38		2	8 FO	PBO8-1329-T1-b2
3	243		39		15	8 FO	PBO8-1330-T2-b3
4	244		40		28	8 FO	PBO8-1325-T3-b4
	245		41		/	/	/
	246		42		/	/	/
	247		43		/	/	/
	248		44		/	/	/
	249		45		/	/	/
	250		46		/	/	/
	251		47		/	/	/
	252		48		/	/	/
5	229		49	48 FO-F	1	8 FO	PBO8-1321-T1-b1
6	230		50		2	8 FO	PBO8-1321-T1-b2
7	231		51		15	8 FO	PBO8-1324-T2-b3
8	232		52		28	8 FO	PBO8-1333-T3-b4
	233		53		/	/	/
	234		54		/	/	/
	235		55		/	/	/
	236		56		/	/	/
	237		57		/	/	/
	238		58		/	/	/
	239		59		/	/	/
	240		60		/	/	/
	217		61	STUMP	/	/	/
	218		62		/	/	/
	219		63		/	/	/
	220		64		/	/	/
	221		65		/	/	/
	222		66		/	/	/
	223		67		/	/	/
	224		68		/	/	/
	225		69		/	/	/
	226		70		/	/	/
	227		71	/	/	/	

	228		72		/	/	/
1	205	câble C 72 FO	1	48 FO-G	1	8 FO	PBO8-1243-T1-b1
2	206		2		2	8 FO	PBO8-1239-T1-b2
3	207		3		15	8 FO	PBO8-571-T2-b3
4	208		4		28	8 FO	PBO8-570ECOLE-T3-b4
	209		5		/	/	/
	210		6		/	/	/
	211		7		/	/	/
	212		8		/	/	/
	213		9		/	/	/
	214		10		/	/	/
	215		11		/	/	/
	216		12		/	/	/
5	193		13	1	8 FO	PBO8-1249-T1-b1	
6	194		14	2	8 FO	PBO8-1238-T1-b2	
7	195		15	15	8 FO	PBO8-1242-T2-b3	
8	196		16	16	8 FO	PBO8-1240-T2-b4	
1	197	17	29	8 FO	PBO8-1240-T3-b5		
2	198	18	30	8 FO	PBO8-1250-T3-b6		
	199	19	/	/	/		
	200	20	/	/	/		
	201	21	/	/	/		
	202	22	/	/	/		
	203	23	/	/	/		
	204	24	/	/	/		
3	181	25	1	8 FO	PBO8-1248-T1-b1		
4	182	26	14	8 FO	PBO8-1247-T2-b2		
5	183	27	27	8 FO	PBO8-572-T3-b3		
	184	28	/	/	/		
	185	29	/	/	/		
	186	30	/	/	/		
	187	31	/	/	/		
	188	32	/	/	/		
	189	33	/	/	/		
	190	34	/	/	/		
	191	35	/	/	/		
	192	36	/	/	/		
6	169	37	1	8 FO	PBO8-1263-T1-b1		
7	170	38	2	8 FO	PBO8-1261-T1-b2		
8	171	39	15	8 FO	PBO8-1257-T2-b3		

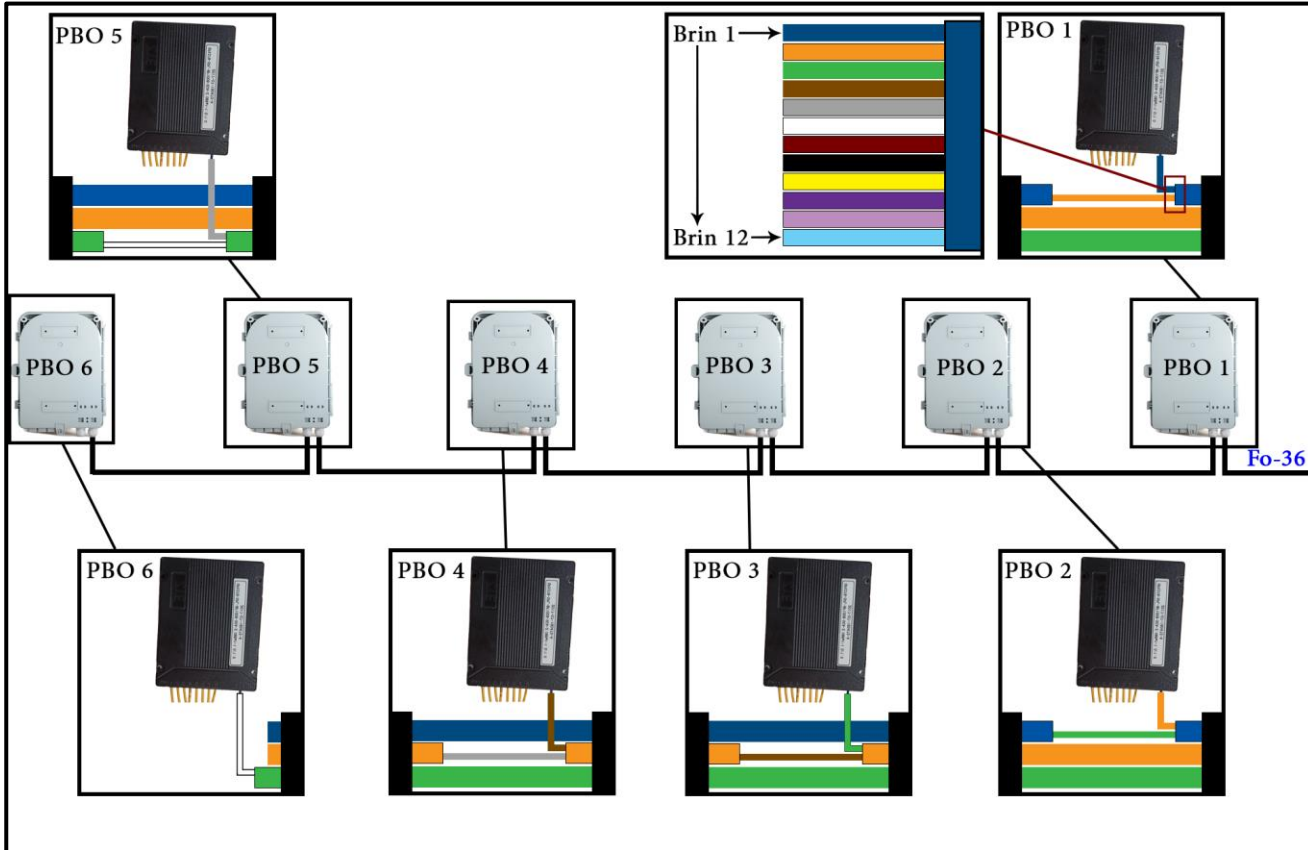
1	172	câble C 36 FO	40	48 FO-K	28	8 FO	PBO8-1260-T3-b4
	173		41		/	/	/
	174		42		/	/	/
	175		43		/	/	/
	176		44		/	/	/
	177		45		/	/	/
	178		46		/	/	/
	179		47		/	/	/
	180		48		/	/	/
2	157		49		1	8 FO	PBO8-1255-T1-b1
3	158		50		2	8 FO	PBO8-1253-T1-b2
4	159		51		15	8 FO	PBO8-573-T2-b3
5	160		52		16	8 FO	PBO8-575-T2-b4
6	161		53		29	8 FO	PBO8-577-T3-b5
7	162		54		30	8 FO	PBO8-597-T3-b6
	163		55		/	/	/
	164		56		/	/	/
	165		57		/	/	/
	166		58		/	/	/
	167	59	/	/	/		
	168	60	/	/	/		
	145	61	/	/	/		
	146	62	/	/	/		
	147	63	/	/	/		
	148	64	/	/	/		
	149	65	/	/	/		
	150	66	/	/	/		
	151	67	/	/	/		
	152	68	/	/	/		
	153	69	/	/	/		
	154	70	/	/	/		
	155	71	/	/	/		
	156	72	/	/	/		
8	133	câble C 36 FO	1	48 FO-L	1	8 FO	PBO8-1013-T1-b1
1	134		2		2	8 FO	PBO8-1990-T1-b2
2	135		3		15	8 FO	PBO8-1291-T2-b3
3	136		4		28	8 FO	PBO8-387-T3-b4
	137		5	/	/	/	
	138		6	/	/	/	
	139		7	/	/	/	
	140		8	/	/	/	
	141		9	/	/	/	
				STUMP			

	142		10	/	/	/
	143		11	/	/	/
	144		12	/	/	/
	121		13	/	/	/
	122		14	/	/	/
	123		15	/	/	/
	124		16	/	/	/
	125		17	/	/	/
	126		18	/	/	/
	127		19	/	/	/
	128		20	/	/	/
	129		21	/	/	/
	130		22	/	/	/
	131		23	/	/	/
	132		24	/	/	/
	109		25	/	/	/
	110		26	/	/	/
	111		27	/	/	/
	112		28	/	/	/
	113		29	/	/	/
	114		30	/	/	/
	115		31	/	/	/
	116		32	/	/	/
	117		33	/	/	/
	118		34	/	/	/
	119		35	/	/	/
	120		36	/	/	/

الجدول 3: يوضح كيفية ربط الالياف ببعض.

3.1.3- شرح كيفية توصيل الاللياف ب PBO:

يعتمد موظفي إتصالات الجزائر في توصيل الاللياف ب PBO على الطريقة الآتية وهي عمل فتحة في الليف في كل PBO ويتم توزيع عدد PBO على عدد الحزم ( Fiber Packs ) في مثالنا هذا اخذنا الحي A الذي يوجد به 6 من PBO وإستعملنا كابل FO-36, الآن و بعملية حساب صغيرة نقسم عدد PBO على عدد حزم الليف,  $6/3 = 2$  أي نأخذ من كل حزمة إثنان من خيوط الليف ( Brins ), ويتم توضيح هذه العملية بشكل اوضح في الجدول 4 و في الصورة 15.

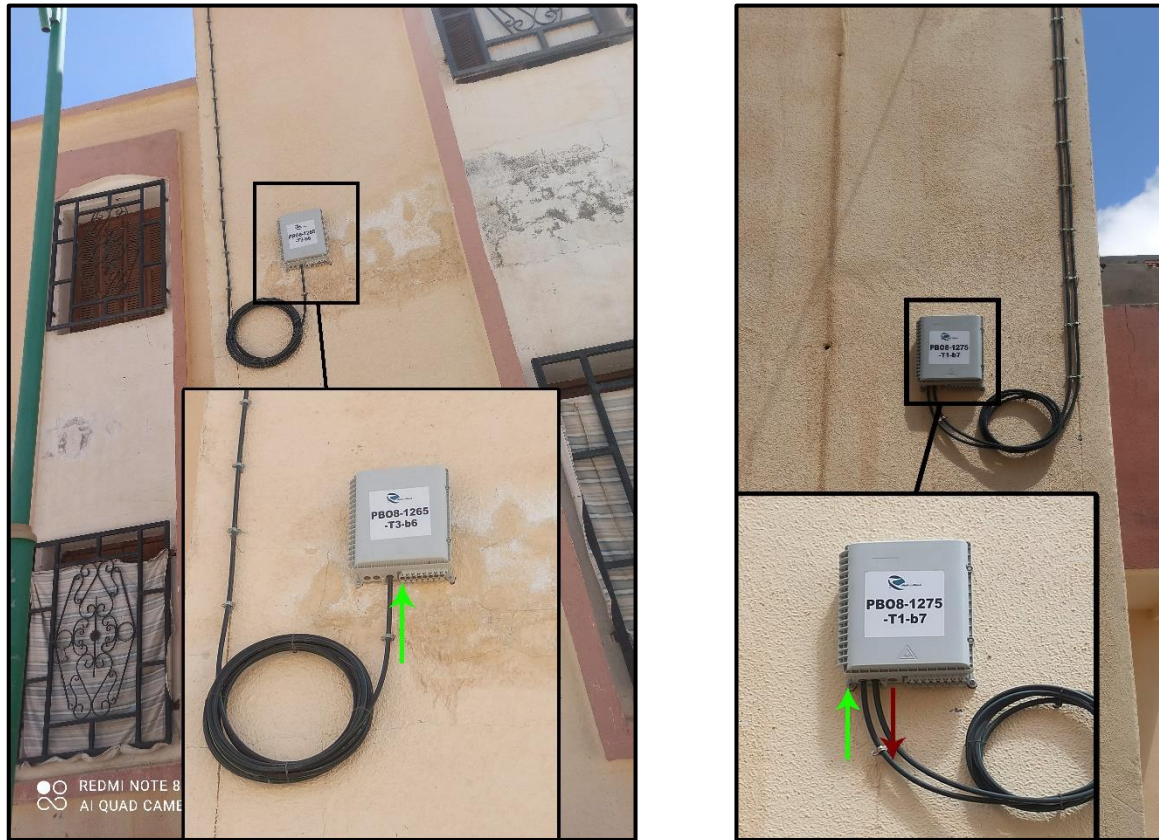


الصورة 15: صورة توضح كيفية ربط الاللياف ب PBO.

T1	T2	T3
B1	B1	B1
B2	B2	B2
B3	B3	B3
B4	B4	B4
B5	B5	B5
B6	B6	B6
B7	B7	B7
B8	B8	B8
B9	B9	B9
B10	B10	B10
B11	B11	B11
B12	B12	B12

الجدول 4: توزيع PBO على الكابل FO-36.

صور واقعية لـ PBO بعد التركيب



الصورة 16: صور واقعية لـ PBO بعد التركيب.

شرح معنى الكتابة PBO8-1275-T1-B1 وتعرف بـ PBO Code

**PBO8**: يرمز إسم PBO.**1275**: يرمز إلى رقم ال Bloc, يتواجد هذا الرقم على جدار أحد منازل Bloc.**T1**: يرمز إلى حزمة الليف القادمة من SRO.**B1**: يرمز إلى رقم الليف القادم من الحزمة.

**ملاحظة:** يتم لف الكابل قبل كل PBO لاحتمال تغيير مكان PBO مستقبلا أو يحدث قطع أو تلف في منطقة ما من الكابل و لهذه الأسباب يتم لف الكابل.

**خاتمة:**

لقد قمنا في الجزء التطبيقي بمتابعة ميدانية لكيفية تركيب شبكة FTTH بحي الأمير بالرباح وذلك كان تحت إشراف قسم هندسة الخطوط, حيث قمنا بزيارة هذه المنطقة ومتابعة عملية التركيب, و ذكرنا في هذا الجزء المراحل الأساسية التي تمر بها هذه الشبكة إبتدأ من جزء النقل إل جزء التوزيع وكيفية إحصاء العملاء و المعدات اللازمة, وقد ذكرنا أيضا كيفية تلحيم الليف البصري.

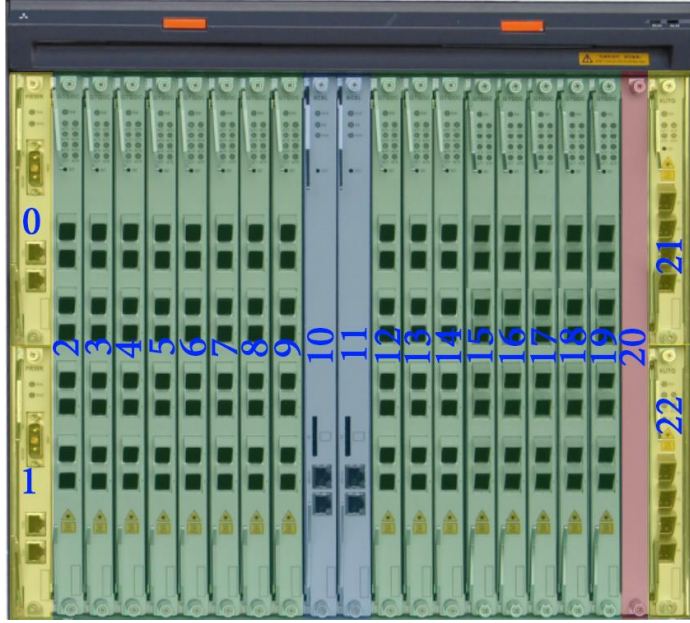
# خاتمة عامة

لقد تطرقنا في مذكرتنا هاته متابعة كيفية تثبيت شبكة FTTH ومبداها الأساسي استخدام الألياف البصرية في حي الأمير بالرباح بولاية الوادي , حيث قمنا بمتابعة ميدانية لإعطاء فكرة عامة على الألياف البصرية و أنواعها وخواصها و مبدأ عملها و مميزاتها وصولا إلى استخدامها في الاتصالات ثم تناولنا بشكل مفصل على المستقبلات البصرية و خصائصها و أنواع الليزر تم تكلمنا على المرسلات البصرية و أنواعها , تم تناولنا شبكة FTTH والبنية التحتية المستخدمة التي تسمح بالاستغلال الأمثل للألياف البصرية , كما تناولنا العناصر الفعالة في هذه الشبكة كما ناقشنا العناصر اللازمة لتثبيت هاته الشبكة للوصول إلى العميل , وفي الأخير وصلنا إلى الفصل الأخير و هو فصل عملي بحكم هاته المذكرة عملية واقعية , حيث قمنا بزيارة ميدانية لحي الأمير بالرباح بولاية الوادي الذي تم تثبيت شبكة FTTH فيها مؤخرا , حيث مررنا في دراستنا بمرحلتين هما مرحلة APS قمنا فيها بإحصاء عدد السكنات و عدد المعدات اللازمة لتغذية المنطقة , و مرحلة APD حيث قمنا فيها بتصوير المنطقة بواسطة الساتل و قمنا بانجاز مخطط خاص بتوزيع الخطوط و قنوات النقل و توزيع المحطات و تكييف المعدات على المنطقة باستخدام برنامج Auto Cad .

وفي الأخير نرجو أن تكون هذه المذكرة ذات منفعة لكل طالب جامعي او تقني او مهندس في شركة من شركات الاتصال مثل شركة الاتصالات السلكية و اللاسلكية او شركة اتصالات الجزائر , ونتمنى ان تكون مفيدة لكل قارئ , كما نرجو أن نقوم بدراسات ميدانية أخرى لنواصل جميعا في تثبيت شبكة FTTH في كل الولاية .

## الملحقات

الملحق 01: OLT C300.



OLT C300 مكون من 23 فتحة  
فتحتين لتغذية متواجدة على اليسار و المظلة بالأصفر.  
16 فتحة للخدمات Sevice و المظلة بالأخضر.  
فتحتين لتحكم Control متواجدة في المنتصف و المظلة بالأزرق.  
البيئة:

درجة حرارة التشغيل  $5^{\circ}\text{C} - 45^{\circ}\text{C} +$   
رطوبة التشغيل: 5% ~ 95%

الأبعاد:

443.7 •mm (H) \* 482.6mm (W) \* 270mm (D)

مزود الطاقة:

جهد التشغيل: 48V أو 220V AC (  $\pm 20\%$ , 50Hz )

الوزن:

60kg عندما يكون بدون رفوف.

183kg بالرفوف.

استهلاك الطاقة:

G-PON

1400W -

E-PON

750W -

الملحق 02: ترقيم شرائط SRO288.

الشريطين الأول مخصصة لجزء النقل.

أما باقي الأشرطة فهي مخصصة لجزء التوزيع.

Rack 1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Rack 2	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Rack 3	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
Rack 4	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
Rack 5	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
Rack 6	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72
Rack 7	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84
Rack 8	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96
Rack 9	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108
Rack 10	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120
Rack 11	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132
Rack 12	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144
Rack 13	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156
Rack 14	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168
Rack 15	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180
Rack 16	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192
Rack 17	193	194	195	196	197	198	199	200	201	202	203	204
Rack 18	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216
Rack 19	217	218	219	220	221	222	223	224	225	226	227	228
Rack 20	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239	240
Rack 21	241	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252
Rack 22	253	254	255	256	257	258	259	260	261	262	263	264
Rack 23	265	266	267	268	269	270	271	272	273	274	275	276
Rack 24	277	278	279	280	281	282	283	284	285	286	287	288

الملحق 03: جدول يوضح نسب الأخطاء.

Fiber Network Element	Typical Loss (dB)	Maximum Loss (dB)
Fiber attenuation	0.35 dB/km at 1310 nm 0.2 dB/km at 1550 nm	----
Fusion splice	0.1	0.2 0.3(G.651)
Mechanical splice	0.2	0.7 0.5(G.651)
Connector	0.5	
Splitter	x2 3.51 x4 6.51 x8 9.51 x16 12.51 x32 161 x64 201 x128 231	(G.671) x2 4.21 x4 7.81 x8 11.41 x16 151 x32 181 x64 221 x128 251

**الملحق 04:** قناة النقل صنف A3.  
وهي قناة تستطيع إستيعاب عدد كبير من الكبلات.



كثافة الخرسانة	الأبعاد الخارجية	الأبعاد الداخلية
350Kg/m <sup>3</sup>	الطول: 145cm العرض: 78cm الإرتفاع: 84cm	الطول: 120cm العرض: 53cm الإرتفاع: 74cm

**الملحق 05:** شرح ألوان الليف FO-36.

	Tube 1	Tube 2	Tube 3
Fiber 1	1	13	25
Fiber 2	2	14	26
Fiber 3	3	15	27
Fiber 4	4	16	28
Fiber 5	5	17	29
Fiber 6	6	18	30
Fiber 7	7	19	31
Fiber 8	8	20	32
Fiber 9	9	21	33
Fiber 10	10	22	34
Fiber 11	11	23	35
Fiber 12	12	24	36

**الملحق 06:** شرح ألوان الليف FO-72.

	Tube 1	Tube 2	Tube 3	Tube 4	Tube 5	Tube 6
Fiber 1	1	13	25	37	49	61
Fiber 2	2	14	26	38	50	62
Fiber 3	3	15	27	39	51	63
Fiber 4	4	16	28	40	52	64
Fiber 5	5	17	29	41	53	65
Fiber 6	6	18	30	42	54	66
Fiber 7	7	19	31	43	55	67
Fiber 8	8	20	32	44	56	68
Fiber 9	9	21	33	45	57	69
Fiber 10	10	22	34	46	58	70
Fiber 11	11	23	35	47	59	71
Fiber 12	12	24	36	48	60	72

**الملحق 07:** معدات التثبيت و القياس.

**1.4- معدات القياس:**

(a) - مقياس الإنعكاس البصري للمجال الزمني OTDR ( Optical Time Domain Reflectometer ) :  
يوفر OTDR تطبيقاً مختلفاً فمثلاً يختبر تركيب كبلات الألياف العادية و موقع الخطأ، و التحقق من  
الوصلة و سرعة الفواصل، أو قياس إنحدار الألياف وكذلك الطاقة الضوئية (طوال الموجة  
1550,1490,1310 ) أو الضيعات في الليف.



الصورة 17: جهاز OTDR.

(b) - مقياس الطاقة ( Power Meter ) :

يستخدم لقياس الطاقة الضوئية المستلمة و هي أداة إختبار قياسية في مجموعة فني الألياف البصرية.



الصورة 18: جهاز Power Meter.

(c) - مصدر الضوء ( Light Source ) :  
يوفر موجة مستمرة و مصدرا ثابتا للطاقة لقياسات التوهين و تتبع الليف و تحديد الإنحناءات ( Marcobend ).



الصورة 19: جهاز Power Meter.

(d) - مقياس الكابل متعدد الشبكات ( Multi-Network Cable Tester ) :  
يتحقق من إستمرارية الكابلات و الإستقطاب و سوء التوصيل و غيرها.



الصورة 20: جهاز Multi-Network Cable Tester.

(e) - جهاز فحص الألياف البصرية ( Fiber Optic Inspection Scope ) :  
يوضح فحصا واضحا لوجه نهاية الموصل بحثا عن التلف و الحطام.



الصورة 21: جهاز Fiber Optic Inspection Scope.

2.4- أدوات التثبيت :

(a) - آلة اللحام :

تستخدم للحم الاللياف البصرية ببعض :



الصورة 22: آلة اللحام.

(b) - قاطع الليف البصري :

هذه الأدوات تمكننا من قطع الليف بزاوية 90 درجة :



الصورة 23: آلة القطع.

(c) - قاطع الكابلات :



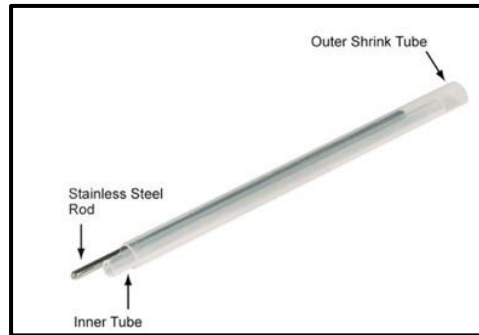
الصورة 24: قاطع الليف.

(d) - مزيل غمد الكابل :



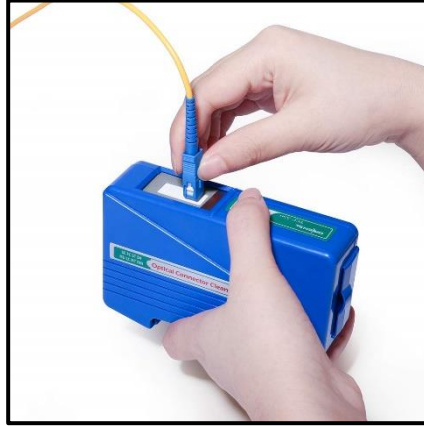
الصورة 25: مزيل غمد الكابل.

(e) - اللاصق المذاب بالحرارة :



الصورة 26: اللاصق المذاب بالحرارة.

3.4- أدوات التنظيف:  
بكرة تنظيف موصل الفيبر



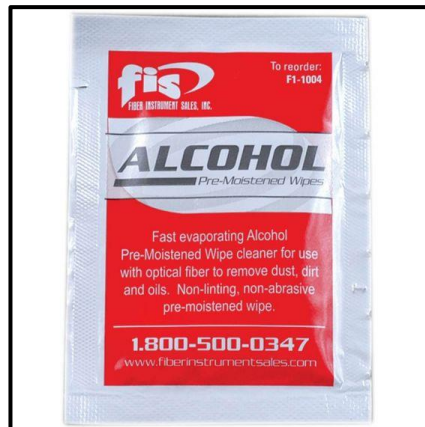
الصورة 27: بكرة تنظيف موصل الفيبر.

منظف اللمسة الواحدة ( one touch cleaner )

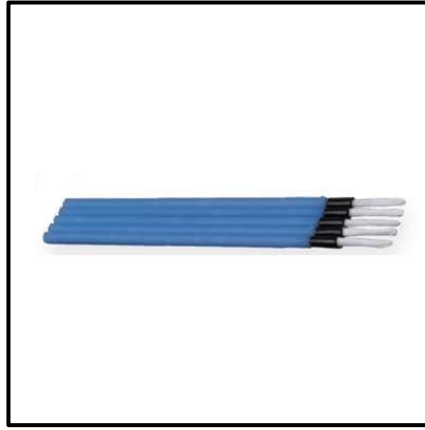


الصورة 28: منظف اللمسة الواحدة.

ممسحة الكحول :



الصورة 29: ممسحة الكحول.

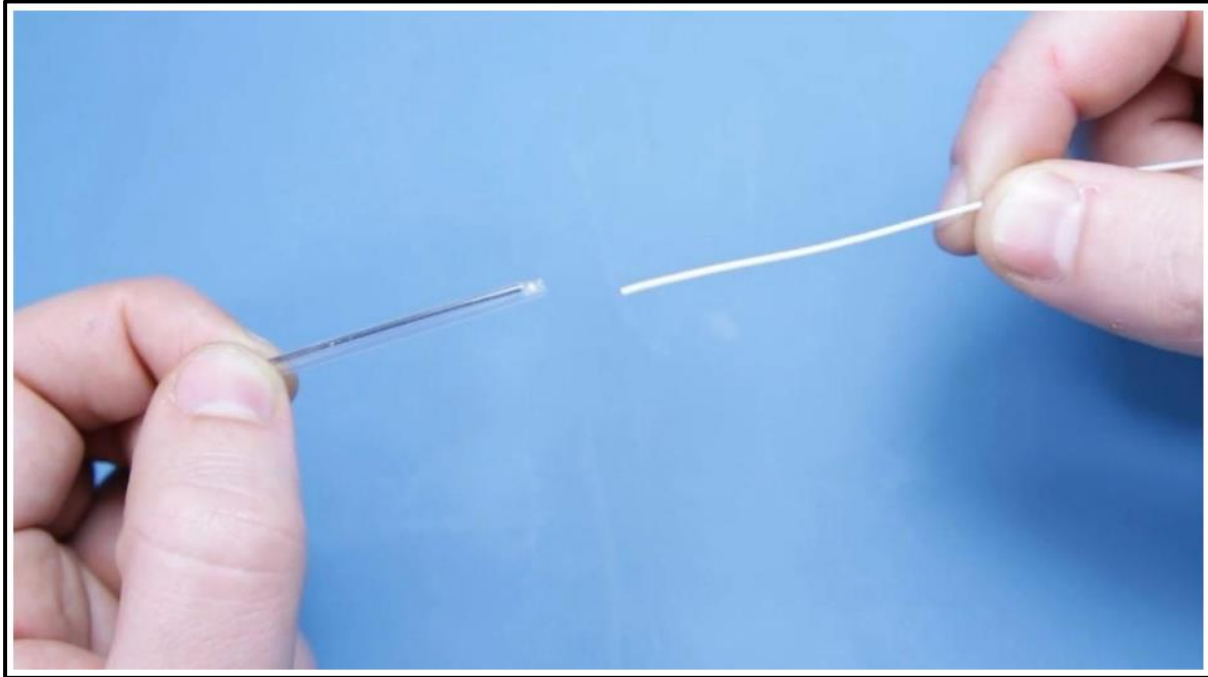


الصورة 30: ممسحة تنظيف.

**الملحق 08:** طريقة لحم الليف البصري.

(a) - الخطوة الأولى : إدخال الغلاف الواقي

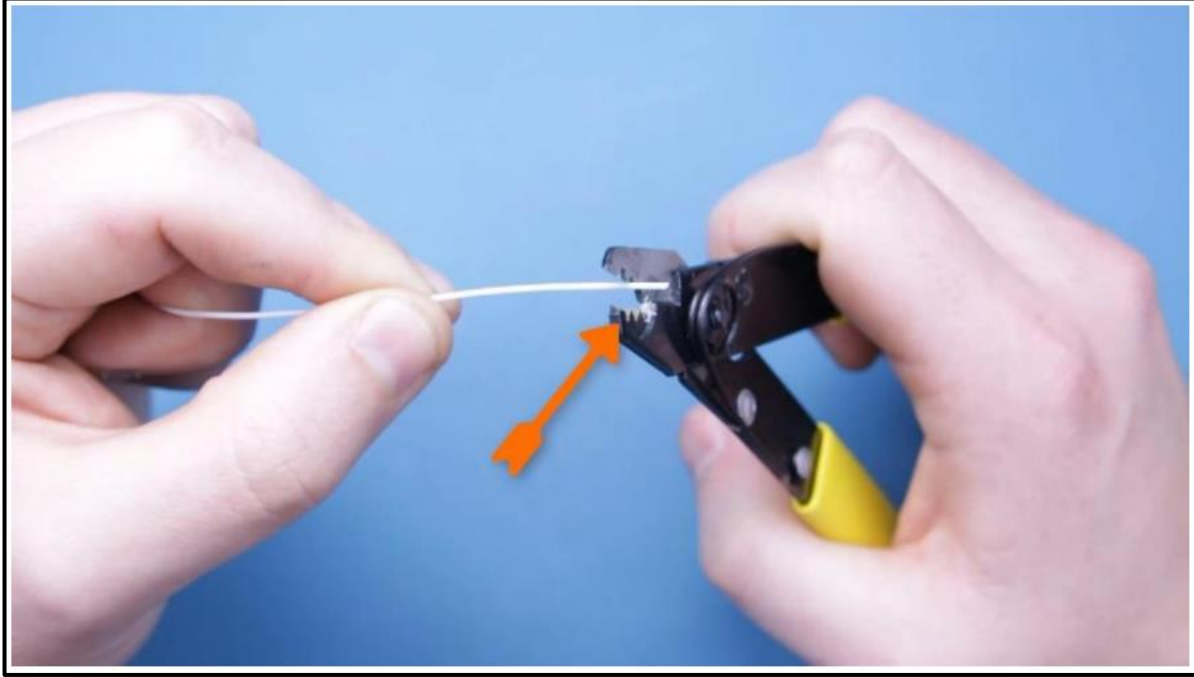
قبل فعل أي شيء يجب إضافة الغلاف الواقي إلى الفيبر. يأتي الغلاف الواقي بأطوال مختلفة، في هذا الشرح سنستخدم الغلاف ذو الطول 40mm. يجب علينا ان نتذكر أنه يجب وضع الغلاف قبل أن تبدأ في عملية تنظيف الليف و قطعه.



الصورة 31: صورة توضح كيفية إدخال الغلاف الواقي.

(b) - الخطوة الثانية : تجريد الفيبر

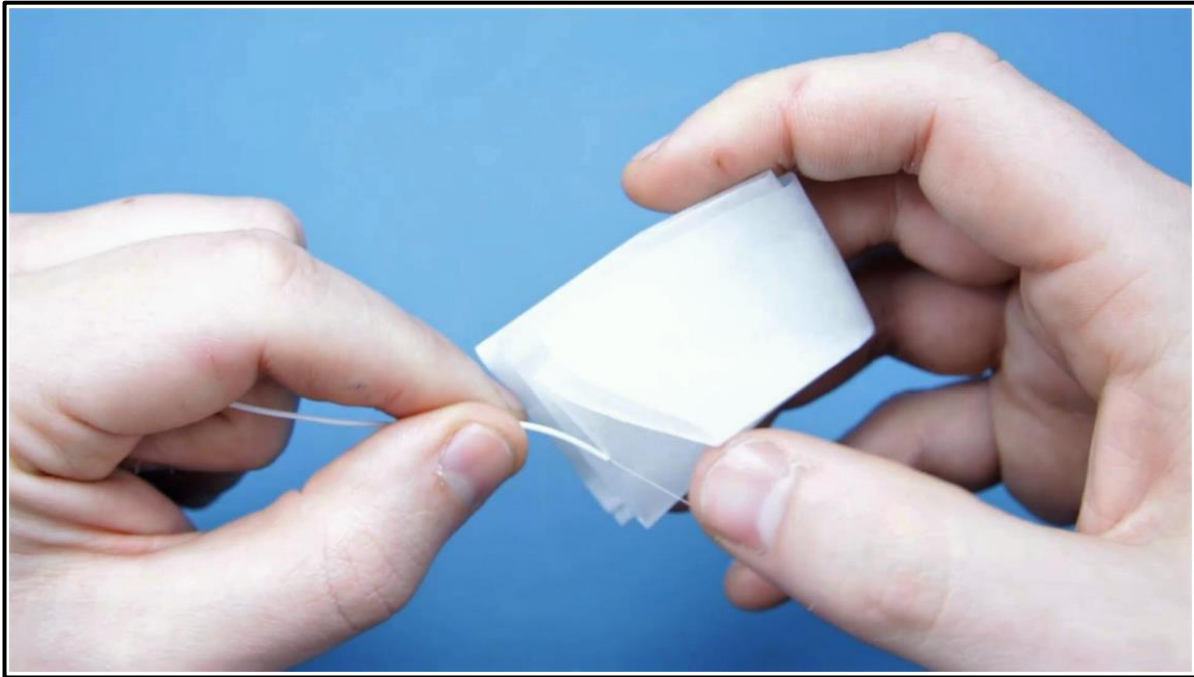
باستخدام أدوات التجريد، نريد إزالة حوالي 30mm من غلاف الليف، كما ترون في الصورة أدناه الصورة 30، إن أدوات التعرية لها أحجام مختلفة يمكنها إزالة طبقات الليف المختلفة.



الصورة 32: صورة توضح كيفية تجريد الليف.  
عند تجريد الألياف يجب قضم الطبقة الواقية و إزالتها في أقسام صغيرة, إذا حاولت إزالة الكثير دفعة واحدة أو المشابك بشدة فمن المحتمل أن تقطع الألياف.

**(c) - الخطوة الثالثة : تنظيف الفيبر**

باستخدام مناديل IPA, قم بتنظيف الألياف العارية و من الجيد أن تقوم بالتنظيف مرتين باستخدام جزء مختلف من المناديل لتنظيف الثاني.

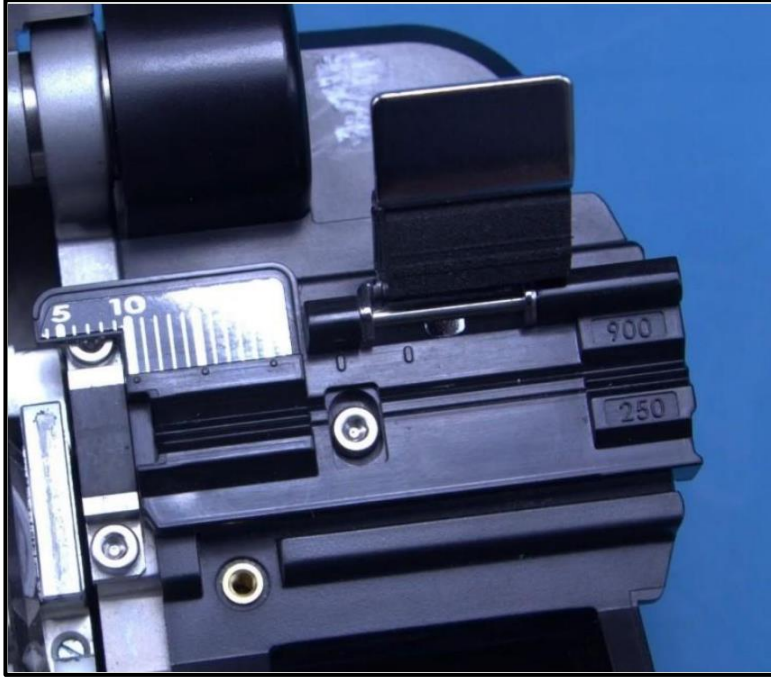


الصورة 33: طريقة تنظيف الفيبر.

بمجرد تنظيفك للليف أمتنع عن لمسه أو ملامسته للأوساخ.

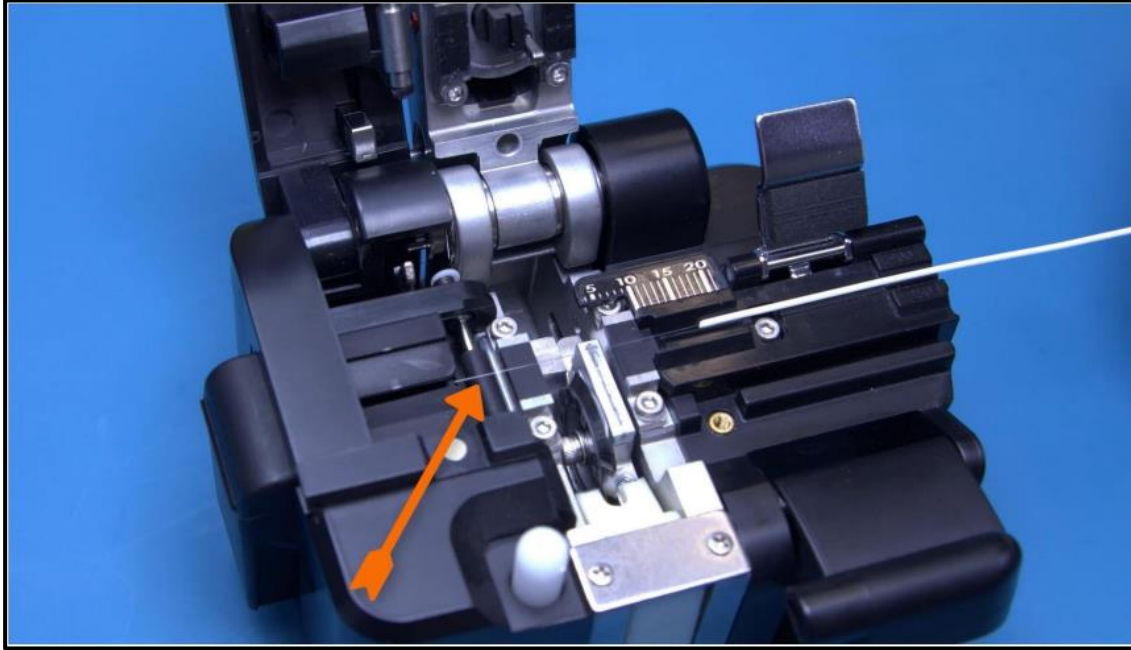
**(d) - الخطوة الرابعة : قطع الليف**

تعد عملية القطع من أهم عمليات الربط. وضع الليف في الأخدود المناسب كما هو موضح في آلة القطع الصورة (رقم الشكل), سيعتمد هذا على حجم الغلاف الذي يحتويه الليف.



الصورة 34: آلة القطع.

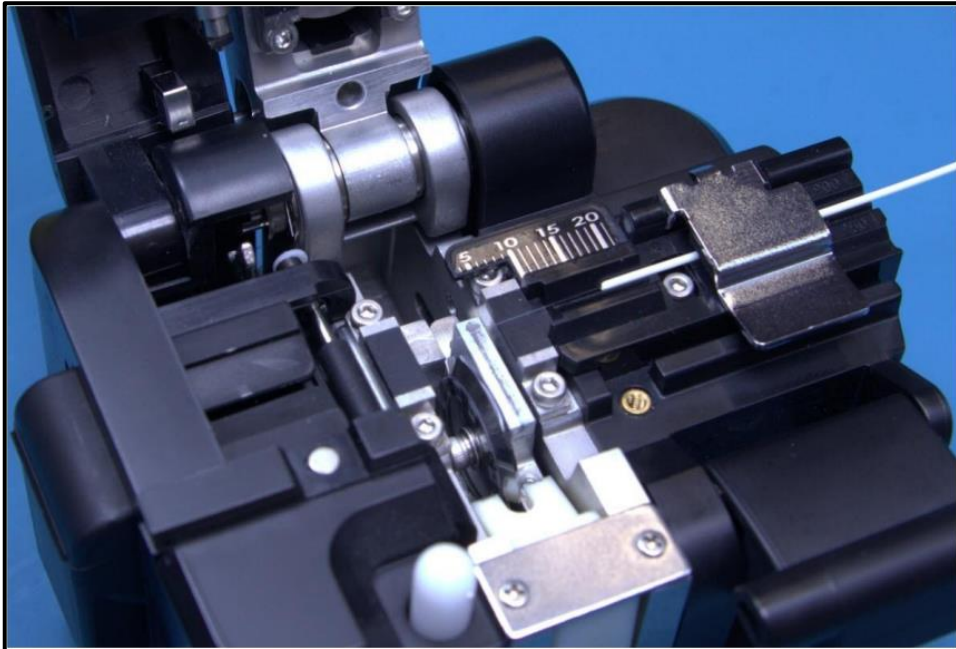
عند وضع الليف تأكد من وضع طرف الليف العارضة فوق الوسادة المطاطية الموجودة في أقصى اليسار, كما هو موضح في الصورة 33.



الصورة 35: وضع الليف في آلة القطع.

من خلال القيام بذلك, سيتم دفع الطرف المقطوع من الألياف مباشرة إلى الحاوية. إذا لم تصل الألياف إلى الأسطوانة, فستحتاج إلى إزالتها يدويا باستخدام ملقط أو شريط لاصق ووضعها في سلة الأدوات الحادة.

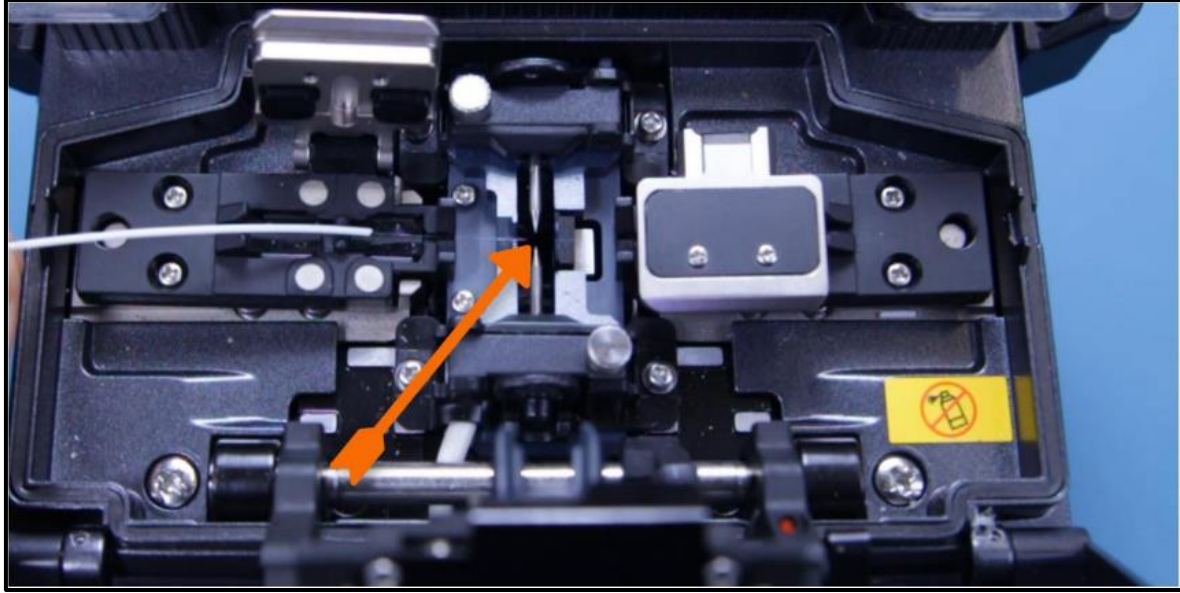
بمجرد أن تصل إلى الموضع أغلق اللوحة المغناطيسية لتثبيت الألياف في مكانها, ثم بحركة واحدة سلسلة أغلق غطاء آلة القطع واضغط لأسفل على زر الشق عندما تفتح الغطاء سترى الليف مقطوع.



الصورة 36: عملية قطع الليف.

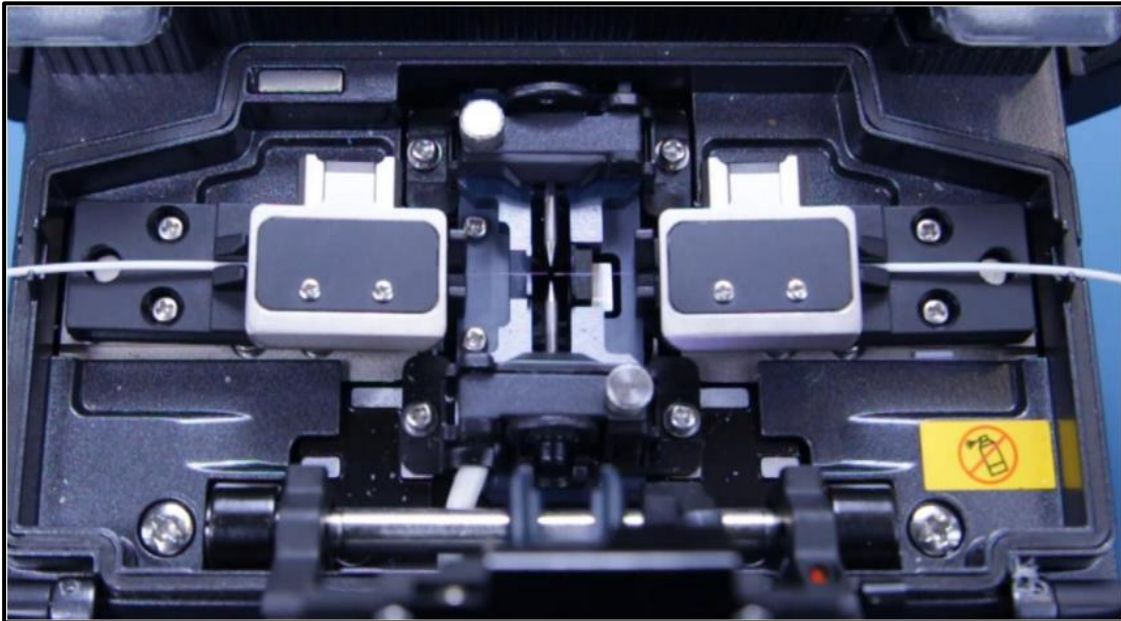
(e) - الخطوة الخامسة : إستخدام آلة التليجيم

تأكد من تشغيل آلة التليجيم بالضغط على الزر الأحمر, وأن جميع الإعدادات صحيحة لنوع الألياف الذي اخترته. ارفع واقي الغبار و انتظر بينما تجري الماكينة تعديلاتها التلقائية.  
ارفع السديلة المغناطيسية لأعلى وضع الألياف المشقوقة في الأخدود, مع التأكد من أن طرف الألياف لا يتقاطع مع القطب كما هو موضح بالسهم أدناه. أقلب اللوحة المغناطيسية لأسفل لتثبيتها في مكانها.



الصورة 37: طريقة وضع الليف في آلة اللحم.

الآن إبدأ نفس العملية بأكملها مرة أخرى للكبل الثاني



الصورة 38: وضع الليف الثاني في آلة اللحم.

بمجرد وضع كلا الكابليين في مكانهما داخل آلة التلحيم نغلق واقي الغبار. سوف تقوم الآلة تلقائياً بتحريك الألياف نحو بعضها البعض و ستقوم بتصوير رأسي الليفين على الشاشة لتقوم بفحصها.

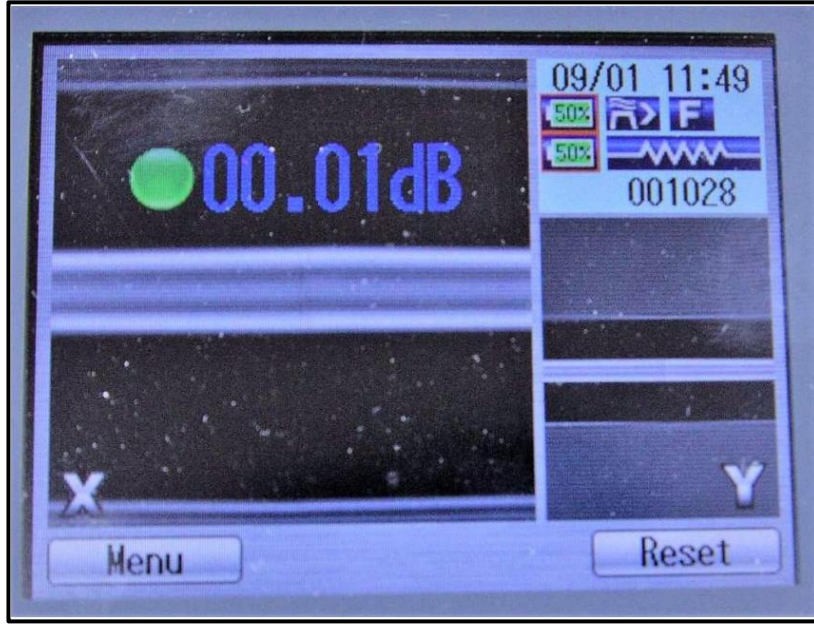


الصورة 39: صورة تظهر رأسي الليف.

من الصورتين أعلاه، تظهر الصورة الموجودة على اليسار شقين جيدين، في الصورة على اليمين لا يوجد قطع متقيد و نظيف لذا يجب إزالتها وإعادة قصهما. إذا لم يتم عرض أي صورة فإن الألياف الخاصة بك بعيدة جداً عن القطب إذا كانت الألياف الخاصة بك بعيدة جداً فستظهر رسالة تحذير. بمجرد وضع الألياف في مكانهما بشكل مستقيم اضغط على الزر الأخضر، ستبدأ الآلة اللحام في اصطاف نوى الليفين و القيام بعملية تنظيف تلقائية مسبقة لإزالة أي غبار و الإبلاغ عن أي خطأ إذا لم تتمكن من عملية اللحام. نوضح بعض الأخطاء النموذجية :

- يقع طرف الليف فوق مركز الأقطاب الكهربائية. ( The fiber tip is over the centre of the electrodes )
- الألياف متسخة. ( The fiber is dirty )
- عدم تطابق الأبعاد الأساسية. ( Mismatching core dimensions )
- زاوية إنقسام الألياف ليست مستقيمة بدرجة كافية. ( The fiber cleave angle is not straight enough )

وإذا كانت آلة اللحام قادرة على إكمال عملية اللحام فسترى عملية اللحام عبر الشاشة. بمجرد إنتهاء العملية ستسمع صوت و سيتعرض الشاشة إما ضوء أخضر أو أصفر أو أحمر للأشارة إلى ما إذا كان اللصق جيداً أو مقبول أو ضعيف، بالإضافة إلى أظهار الخسارة المقدرة بديسيبال، كما هو موضح في الصورة أدناه. للحصول على الضوء الأخضر و تلحيم مثالي، يجب أن تكون الخسارة لديك 0dB، من الناحية المثالية يجب أن لا يزيد مقدار الخسارة 0.2dB.

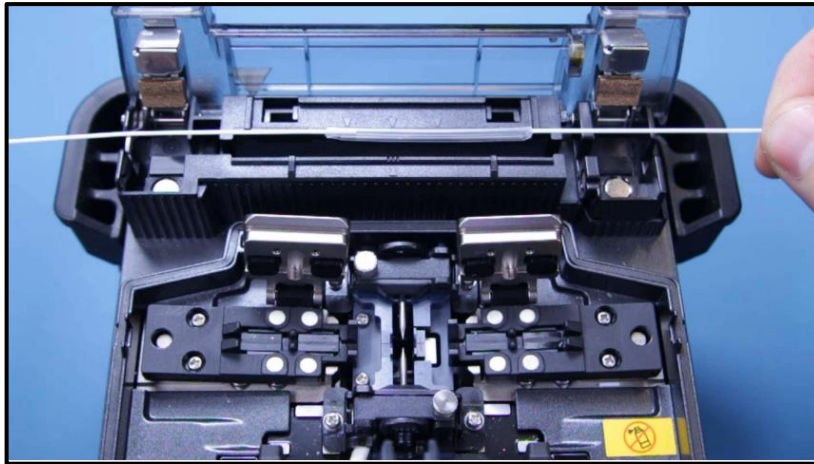


الصورة 40: صورة تظهر نسبة الخسارة و حالة اللحام.

إذا تحصلت على ضوء أصفر فسيكون اللحام على مايرام ولكن نسبة الخسارة ستكون أعلى من الشكل المثالي المقبول, يشير الضوء الأحمر إلى أن التلحيم لم يكن ناجحاً.  
ملاحظة : لا تفتح الغطاء أثناء عملية اللحام لأنه قد تصاب بصدمة شديدة من الأقطاب الكهربائية.

#### - الخطوة السادسة : إصاق الغلاف الواقي بالحرارة

ارفع الغطاء وانتظر قليلاً إلى أن تكمل آلة اللحام من اختبار الشد على الليف, بمجرد إنتهاء ذلك قم بإزالة الألياف بعناية من اللوحات المغناطيسية و احرص على أن لا تقوم بثني مكان اللحام أو سحبه لأنك قد تقوم بكسره.  
أغلق الألواح المغناطيسية وواقي الغبار.



الصورة 41: إصاق الغلاف الواقي بالحرارة.

## الملحقات

قم بتمرير غلاف الحماية فوق الوصلة مع التأكد من وجود كمية متساوية من الألياف المكسوة علا كلا الجانبين, أرفع الغطاء الموجود على عنصر السخان وضع بعناية اللصق المكتمل مع غلاف الحماية الخاص به في السخان مع ضمان انه موجود في وسط عنصر التسخين, وتأكد من عدم حصولك على الألياف التي تعلق أسفل المزاجين المعدنيين على جانبي آلة اللحم كما هو في الحال عند إغلاق الغطاء, فقد يؤدي ذلك إلى قطع الليف.

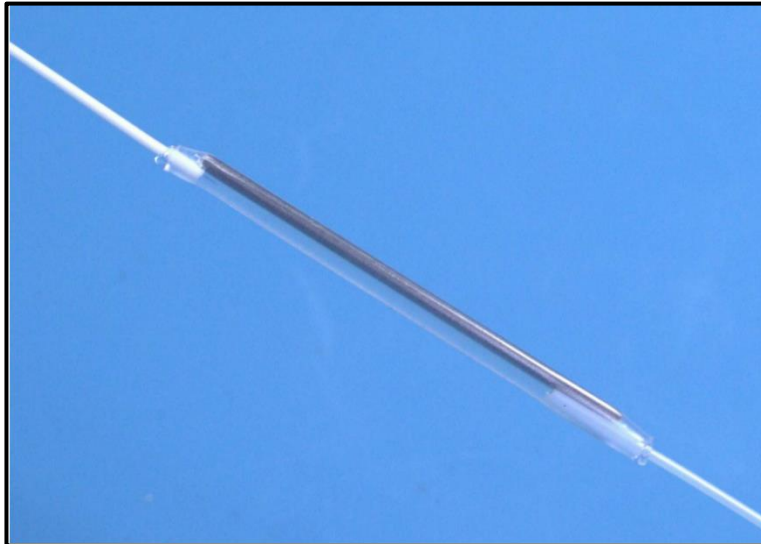
أغلق غطاء السخان و ستبدأ آلية اللحم تلقائيا في تسخين البلاستيك, سيشار إلى ذلك بواسطة مؤشر LED أعلى زر السخان الأصفر.



الصورة 42: تقدم عملية التسخين.

يظهر عنصر السخان تقدمه في الزاوية اليمنى العليا من الشاشة كما هو موضح في الصورة, سيصدر الجهاز صوتا مرة أخرى عند اكتمال هذه العملية وستعمل مروحة لتبريد البلاستيك المسخن.

انتظر لمدة 15-20 ثانية تقريبا حتى يتصلب الصمغ قبل إزالته من المدفأة و افعل ذلك بحذر لأنه قد يظل ساخنا, و بهذا تكون عملية التلحيم قد تمت.



الصورة 43: الليف بعد إكتمال عملية التسخين.

**ملاحظة:** يجب أن لا تكون هنالك داخل الغلاف البلاستيكي مما يشير إلى اتفاح درجة الحرارة, ويجب ألا تكون هنالك نهايات مقلوبة تشير إلى عدم وجود حرارة كافية. يجب أن تكون قادرة أيضا على رؤية كمية صغيرة من الغراء تخرج مسن كل طرف.

## المراجع

- (1)- Site: [mqalaat.com](http://mqalaat.com) بحث عن الألياف البصرية - موقع مقالات تم الإطلاع عليه في 15 فيفري 2022
- (2)- Site: [marefa.org](http://marefa.org) ألياف بصرية - المعرفة تم الإطلاع عليه في 15 فيفري 2022
- (3)- Site: [sotor.com](http://sotor.com) مكونات الألياف الضوئية - سطور تم الإطلاع عليه في 20 فيفري 2022
- (4)- Site: [eferrit.com](http://eferrit.com) كيف تم اختراع الألياف البصرية: جدول زمني تم الإطلاع عليه في 20 فيفري 2022
- (5)- Site: [wikipedia.org](http://wikipedia.org) ليف بصري - ويكيبيديا تم الإطلاع عليه في 25 فيفري 2022
- (6)- Site: [Types of Optical Fibers | Network Information \(netinf0.blogspot.com\)](http://netinf0.blogspot.com) انواع الألياف البصرية تم الإطلاع عليه في 27 فيفري 2022
- (7)- Site: [Properties of Optcal Fibers | Network Information \(netinf0.blogspot.com\)](http://netinf0.blogspot.com) خواص الألياف البصرية تم الإطلاع عليه في 27 فيفري 2022
- (8)- Site: [electronpashaa.com](http://electronpashaa.com) مميزات وعيوب الألياف البصرية وتطبيقاتها تم الإطلاع عليه في 28 فيفري 2022
- (9)- Site: [Dispersion – e3arabi – إي عربي](http://e3arabi.com) التشتت في الاتصالات تم الإطلاع عليه في 6 مارس 2022
- (10)- Site: [Types of Optical Fiber Dispersion and Compensation Strategies | FS Community](http://FS Community) تم الإطلاع عليه في 6 مارس 2022
- (11)- Site: [mena-tech.com](http://mena-tech.com) ما هي الألياف البصرية و ما هي استخداماتها وأنواعها | مينا تك تم الإطلاع عليه في 9 مارس 2022
- (12)- Site: [books-library.online-01251408Ut4F6.pdf](http://books-library.online-01251408Ut4F6.pdf) تم الإطلاع عليه في 11 مارس 2022
- (13)- Site: [almrsal.com](http://almrsal.com) ايجابيات وسلبيات الاللياف الضوئية | المرسل تم الإطلاع عليه في 15 مارس 2022
- (14)- Site: [sotor.com](http://sotor.com) استخدامات الألياف الضوئية - سطور تم الإطلاع عليه في 15 مارس 2022
- (15)- Site: [Properties of Optical Fibers – e3arabi – إي عربي](http://e3arabi.com) خواص الألياف الضوئية تم الإطلاع عليه في 16 مارس 2022
- (16)- Site: [wikipedia.org](http://wikipedia.org) ليف بصري - ويكيبيديا تم الإطلاع عليه في 16 مارس 2022

- (17)- Fiber-Optic Communication Systems | By Govind P. Agrawal | Fifth Edition| Published in 2021 | Page 67.
- (18)- الصفحة 35 | الطبعة العربية | دار النشر للجامعات | التداخل الضوئي و الألياف | د.نايل بركات/د.أحمد أمين حمزة -
- (19)- Site : [wikipedia.org](https://www.wikipedia.org) طيف كهرومغناطيسي - ويكيبيديا 2022 تم الإطلاع عليه في 16 فيفري 2022
- (20)- Site : [ujeeb.com](https://www.ujeeb.com) ما هو الطيف الضوئي - أجيب 2022 تم الإطلاع عليه في 16 فيفري 2022
- (21)- Site : [wikipedia.org](https://www.wikipedia.org) طيف كهرومغناطيسي - ويكيبيديا 2022 تم الإطلاع عليه في 16 فيفري 2022
- (22)- Site : <https://www.laserax.com/blog/types-lasers#gas-lasers> 2022 تم الإطلاع عليه في 28 فيفري 2022
- (23)- Site : <https://www.physics-and-radio-electronics.com/physics/laser/differenttypesoflasers.html> 2022 تم الإطلاع عليه في 28 فيفري 2022
- (24)- Coherent Optics Fundamentals and Applications| By Dr. Werner Lauterborn & Dr. rer. nat. Thomas Kurz | Second Edition| published by Springer-Verlag Berlin Heidelberg |Published in 2003 | Page 180-190.
- (25)- Introduction to Fiber-Optic Communications| By Rongqing Hui | published by Academic Press | Published in 2019 | Page 125.
- (26)- Fiber-Optic Communication Systems | By Govind P. Agrawal | Fifth Edition| Published in 2021 | Page 16.
- (27)- Site : [wikipedia.org](https://www.wikipedia.org) منطقة انخفاض - ويكيبيديا 2022 تم الإطلاع عليه في 5 مارس 2022
- (28)- Fiber-Optic Communication Systems | By Govind P. Agrawal | Fifth Edition| Published in 2021 | Page 110-120.
- (29)- Site : [e3arabi - إي عربي](https://www.e3arabi.com) FTTH – نظام الألياف البصرية 2022 تم الاطلاع عليه في 26 فيفري 2022
- (30)- Site : [wikipedia.org](https://www.wikipedia.org) الألياف البصرية إلى المنازل – ويكيبيديا 2022 تم الاطلاع عليه في 28 فيفري 2022
- (31)- Site : <https://fibre.guide/deploiement/technologies> 2022 تم الاطلاع عليه في 28 فيفري 2022

- (32)- Site : [https://www.academia.edu/31623972/FTTH\\_Handbook](https://www.academia.edu/31623972/FTTH_Handbook) تم الاطلاع عليه في 5 مارس 2022
- (33)- Site : <https://www.diamondnetok.com/128/What-is-FTTH> تم الاطلاع عليه في 10 مارس 2022
- (34)- Site : [coreiten.com](http://coreiten.com) الموسوعة التقنية – OLT ما هي محطة نهاية الخط البصري تم الاطلاع عليه في 15 مارس 2022
- (35)- Site : <http://www.opticalpatchcable.com/info/basic-of-optical-distribution-frame-odf-35943759.html> تم الاطلاع عليه في 21 مارس 2022
- (36)- [FTTH \(honecable.com\)](http://honecable.com) أنواع صناديق الألياف وتطبيقاتها في شبكة تم الاطلاع عليه في 5 ماي 2022
- (37)- [إي عربي – e3arabi](http://e3arabi.com) – FDB ما هو صندوق توزيع الألياف الضوئية تم الاطلاع عليه في 5 ماي 2022
- (38)- [إي عربي – e3arabi](http://e3arabi.com) – OLT ما هي محطة نهاية الخط البصري تم الاطلاع عليه في 6 ماي 2022
- (39)- [wikipedia.org](http://wikipedia.org) الألياف البصرية إلى المنازل – ويكيبيديا تم الاطلاع عليه في 7 ماي 2022
- (40)- Site : <http://www.opticalpatchcable.com/info/abc-of-pon-understanding-olt-onu-ont-and-od-35957389.html> تم الاطلاع عليه في 8 ماي 2022
- (41)- Site : <https://hub.cnetworks.tech/fttx-network-architecture/#:~:text=FTTH%20Topology%20and%20Technology%20The%20network%20architecture%20refers,the%20communications%20network%20that%20directly%20connects%20to%20end-users.> تم الاطلاع عليه في 4 جوان 2022
- (42)- Site : <https://www.indiamart.com/proddetail/optical-line-termination-olt-lp5910-chassis-19240216173.html> تم الاطلاع عليه في 4 جوان 2022
- (43)- Site : <https://forum.huawei.com/enterprise/fr/comprendre-olt-onu-ont-et-odn/thread/797475-100375> تم الاطلاع عليه في 4 جوان 2022