# الأمواج الكهرومغناطيسية

مؤشرات الكفاءة

- يرتب الأمواج الكهرومغناطيسية وفق طول الموجة في الفراغ و وفق التواتر....

- يعرف أن الضوء موجة كهرومغناطيسية وينحصر في مجال ضيق للتواترات.

## تصميم الدرس

مقدمة

1 – إرسال و استقبال موجة كهرومغناطيسية

2 – الموجة الكهرومغناطيسية الحاملة ( Onde porteuse )

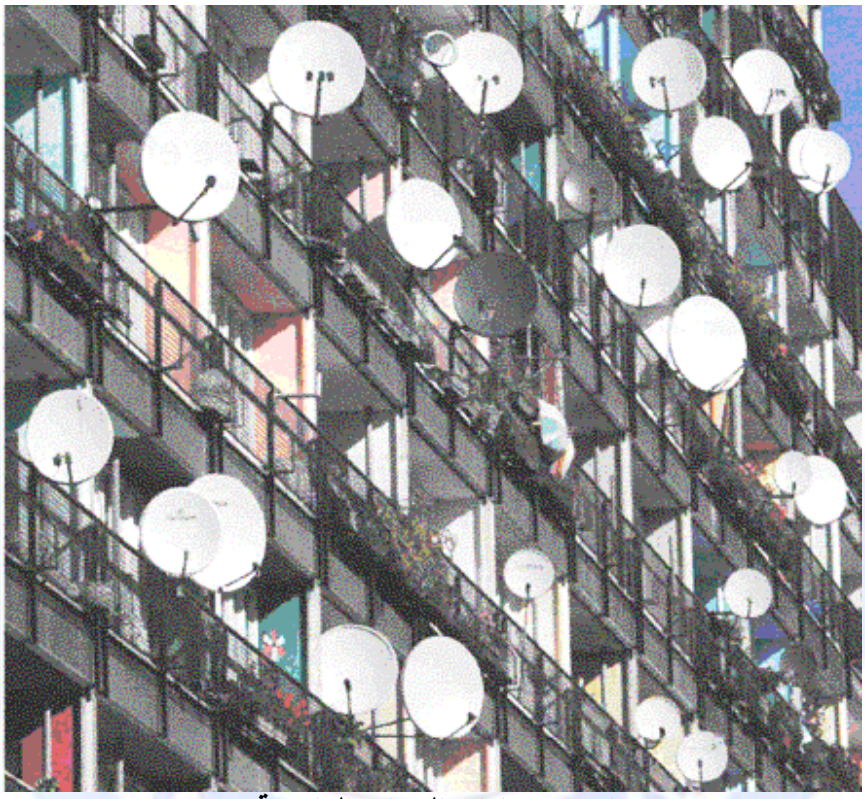
3 – دارة المرشح LC على التفرع :

أسئلة التصحيح الذاتي :

أجوبة التصحيح الذاتي :

# مقدمة

عندما ننظر إلى شرفات المنازل وأسطح العمارات نلاحظ أنها مكتظة بالهوائيات. تستعمل هذه الأخيرة لاستقبال محطات الإذاعة والتلفزة من كل دول العالم .



**إحدى عمارات الجزائر العاصمة**

و لكن كيف يتم نقل الصورة والصوت إلى مكان بعيد في وقت قصير ؟

**نشاط 1:**

يمكن للأشخاص أن يستعملوا عدة طرق للاتصال في ما بينهم. تمثل الصورتان التاليتان طريقتين للاتصال:


الطريقة 1

الطريقة 2

1 – ما هي الطريقة المستعملة للاتصال في كل حالة ؟

2 – ما هي الطريقة التي تتطلب وسط مادي لتحقيق عملية الاتصال ؟

**تحليل النشاط :**

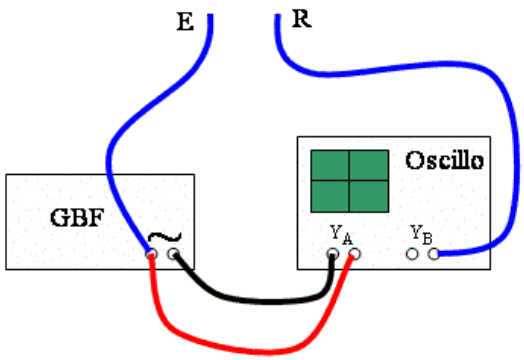
1 – على الصورة 1 نلاحظ أن الأشخاص يستعملون لغة الحركات للاتصال في ما بينهم بينما على الصورة 2 نلاحظ أن شخصا يستعمل الصوت للاتصال بالأشخاص الذين بحوله.

2 – بما أن التحدث بلغة الحركات يعتمد على الرؤيا إذا هذه الطريقة لا تحتاج لوسط مادي لتحقيق عملية الاتصال بين الأشخاص لأن الضوء ينتشر في الفراغ، أما الطريقة التي تعتمد على السمع فهي تحتاج إلى وسط مادي لأن الصوت لا ينتقل في الفراغ.

**نشاط 2 : إرسال و استقبال موجة كهرومغناطيسية**

لتحقيق هذا النشاط نستعمل الأدوات التالية: جهاز GBF ، جهاز راسم الاهتزاز المهبطي، أسلاك توصيل و أداة التعليق.

1 – حقق التركيب التالي:



2 – اختر على جهاز GBFإشارة جيبية واضبط تواترها على f = 100 KHz. نضبط قيمة توتر الخروج وكذلك البعد بين السلكين حتى نحصل على إشارات واضحة على راسم الاهتزاز المهبطي.

– غير التواتر f و لاحظ ماذا يحدث على الشاشة.

– أبعد أحد السلكين عن الآخر و لاحظ ماذا يحدث على الشاشة.

أ / هل تواتر الإشارتين نفسه بالنسبة للمدخلين ؟

ب / ما هو دور الجملة ( GBF + سلك E )

جـ / ما هو دور السلك R.

تحليل النشاط

1 – نحقق التركيب

2 – أ / نعم تواتر الإشارتين هو نفسه بالنسبة للمدخلين.

ب / الجملة ( GBF + سلك E ) تلعب دور الباعث.

جـ / يلعب السلك R دور المستقبل.

**نشاط 3 : لماذا لا يتحقق إرسال موجة كهرومغناطيسية إلا باستعمال موجة حاملة onde porteuse ؟**

عندما تبث محطة راديو مثلا حديثا يتم بين مجموعة من الأشخاص، أو عندما يتحدث إلينا منـشط الحصة، فإن الميكروفون يستقبل هذه الأصوات ذات التواتر المحـصور بـين 20 Hz و 20KHz و يحولها إلى إشارات كهربائية بنفس التواتر المنخفض ( Basse fréquence ) الذي يرمز له بـ BF . إن هذه الإشارات الكهربائية لا يمكن أن تبث بهذه الطريقة، وهذا يعود إلى الأسباب التالية:

– لو أن كل المحطات تبث بنفس الطريقة فإن الأمواج المنبعثة منها و التي يكون لها نفس التواتر تختلط مع بعضها البعض و تكون النتيجة أن المستمع يستقبل كل المحطات في آن واحد، وبالتالي لا يستطيع أن يفهم أية محطة.

– تتخامد الإشارات ذات التواتر المنخفض بشكل ملحوظ كلما قطعت مسافات أطول ، وبالتالي لا يمكن إرسال موجة كهرومغناطيسية ذات تواتر منخفض إلى مسافات كبيرة، لأن الطاقة التي تملكها ليست كافية. وعلى العكس من ذلك، فالإشارات ذات التواترات العالية التي تكون من رتبة الـ MHz يمكن إرسالها على مسافات بعيدة.

فلكي نتمكن ،إذن ، من نقل الإشارات الكهربائية ذات التواترات المنخفضة BF يجب استعمال موجة كهرومغناطيسية جيبية ذات تواتر مرتفع. تدعى هذه الموجة: **الموجة الحاملة Onde porteuse** .

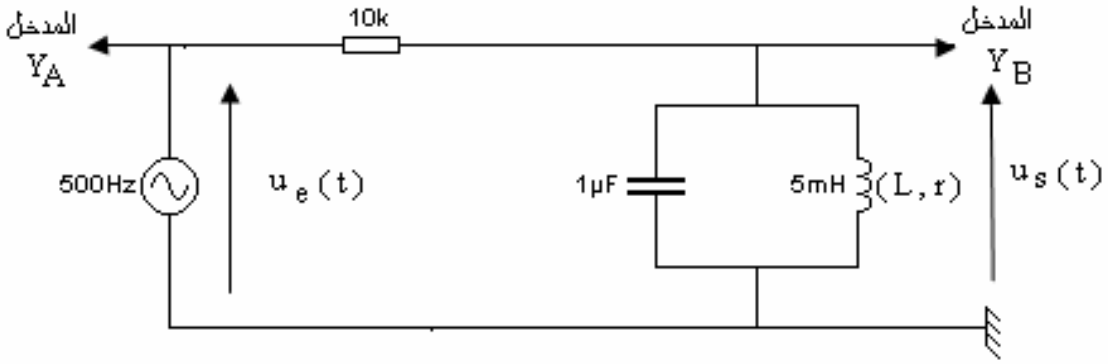
فالموجة الكهرومغناطيسية الحاملة هي التي تحمل الأمواج ذات التواترات المنخفضة. تضمم الموجة الكهرومغناطيسية الحاملة بواسطة الإشارة ذات التواتر المنخفض.

تتميز الموجة الكهرومغناطيسية الحاملة بتواتر معين. كل موجة حاملة لها تواترها الذي يميزها و بالتالي عندما تنتقل هذه الأمواج الحاملة في كامل الفضاء فإنها لا تختلط مع بعضها البعض. كما أن تواترها العالي يسمح لها بقطع مسافات كبيرة.

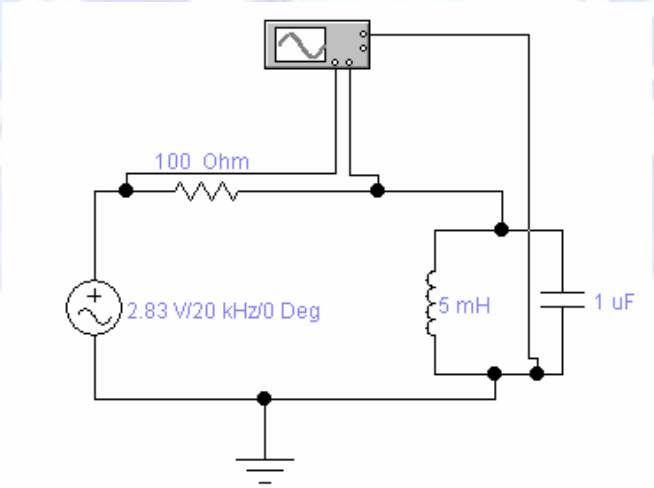
**نشاط 4: دارة الترشيح LC المتوازية :**

لتحقيق هذا النشاط نستعمل برنامج Workbench .

نحقق دارة الترشيح التالية:




نحقق هذه الدراسة بواسطة برنامج Workbench .




- نضبط القيمة العظمى لتوتر الدخول $u_e(t)$ على القيمة 2,83 V .
- نغير قيمة تواتر توتر الدخول في المجال 0 Hz إلى 20 KHz .
- في كل مرة نسجل القيمة العظمى لتوتر الخروج.

**الأسئلة :**

1 – أحسب قيمة التواتر الذاتي $f_0$ الخاص بالدارة LC .

2 – في كل مرة نغير قيمة التوتر

أكمل الجدول التالي:

| f ( KHz) | 0,5 | 1,0 | 2 ,0 | 2,2 | 2,4 | 3,5 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $U_{s\,eff}$ | | | | | | |
| $U_{s\,max}$ | | | | | | |

3 – هل تتعلق سعة توتر الخرج بتواتر الدخول ؟

4 – ما هي قيم التواتر التي تجعل القيمة العظمى لتوتر الدخول تقارب أو تساوي القيمة العظمى لتوتر الخروج.

5 – برر تسمية مرشح الشريط النافذ الذي يعطى لهذا التركيب.

**تحليل النشاط :**

1 – قيمة التواتر الذاتي تعطى بالعلاقة:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

يعطي التطبيق العددي:

$$f_0 = 2{,}2\ \text{KHz}$$

2 – إكمال الجدول

| f ( KHz) | 0,5 | 1,0 | 2 ,0 | 2,2 | 2,4 | 3,5 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $U_{s\,eff}$ (V ) | 0,47 | 1,05 | 2,71 | 2,83 | 2,76 | 1,70 |
| $U_{s\,max}$ (V) | 0,66 | 1,48 | 2,83 | 4,00 | 3,39 | 2,40 |

3 – سعة تواتر الخروج تتعلق بتواتر الدخول.

4 – من أجل تواتر الدخول محصور بين 2,0 إلى 2,4 KHz القيمة العظمى لتواتر الخروج تكون تقارب القيمة العظمى لتواتر الدخول و تحدث المساواة بين التوترين لما $f = 2{,}2$ KHz .

5 – تتخامد الإشارات التي تكون خارج مجال ضيق للتواترات، والذي يدعى الشريط النافـذ، بـشكل معتبر جدا عند خروجها من المرشح، بينما تحافظ التواترات التي تنتمي لهذا المجال على قيمة معتبرة للتواتر الذي دخلت به. و منه نقول عن هذا المرشح بأنه مرشح الشريط النافذ.

# الدراسة النظرية

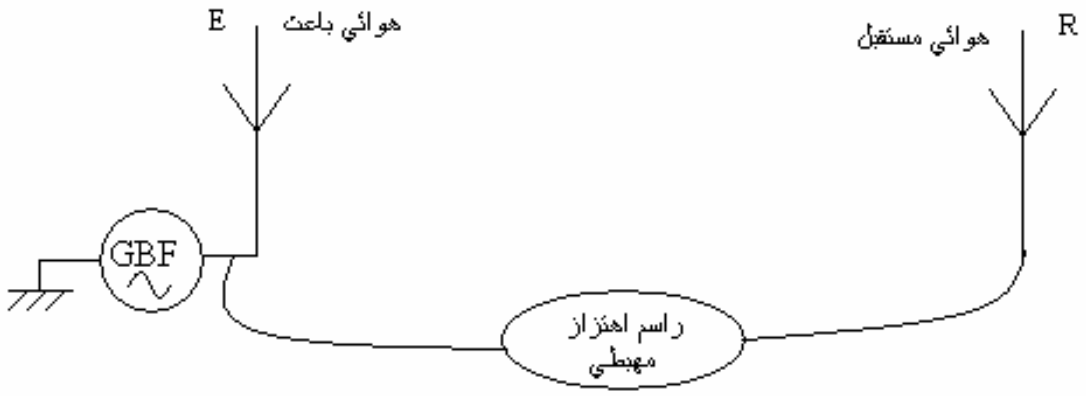
## 1 – إرسال و استقبال موجة كهرومغناطيسية :

رأينا في النشاط 3 أن المولد GBF يعطي التوتر الجيبي الذي يولد اهتزازات كهربائيـة فـي الناقل E الذي يلعب دور هوائي باعث.

يولد هذا التيار الكهربائي المتغير في الهوائي E موجة كهرومغناطيسية تنتقل في كامل الفضاء المحيط بها دون أن تنقل مادة و لكنها تنقل طاقة.

تستقبل هذه الموجة الكهرومغناطيسية بواسطة السلك R الذي يلعب دور هوائي مستقبل. تولد الموجـة المستقبلة اهتزازات كهربائية في هذا الهوائي وإشارة لها نفس تواتر تلك الإشارة التي بثت من جهـاز الإرسال.

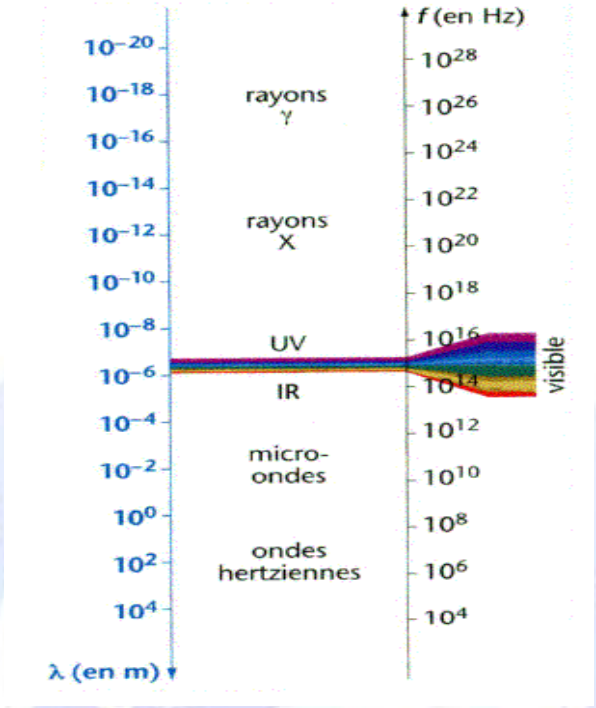
ينتج التيار الكهربائي المتغير موجة كهرومغناطيسية. يغير هذا التيـار، بـشكل مـستمر، الخـواص الكهربائية و المغناطيسية للفضاء الذي يحيط به. نقول بأن مثل هذا التيار يولد موجة، تغير هذه الموجة عند مرورها الخواص الكهربائية و المغناطيسية لكل النقط التي تنتمي لمجال انتشار هذه الموجة.




يبث الهوائي الباعث موجة كهرومغناطيسية لها نفس تواتر الإشارة الكهربائية التي ترد إليها. تولد هذه الموجة في الهوائي المستقبل إشارة كهربائية لها نفس التواتر.

## أ / ترتيب الأمواج الكهرومغناطيسية :

تتميز الأمواج الكهرومغناطيسية بتواترها أو بطول موجتها في الفراغ.




يعتبر الضوء، كما يبينه المخطط، موجة كهرومغناطيسية، ولكنه ينتمي إلى مجال ضيق من أطوال الموجات محصور بين 400 nm و 800 nm . الأمواج المستعملة في البث الإذاعي ( Audio fréquence ) و التي يرمز لها بـ AF هي من نفس النوع و لكنها تتميز بتواترات صغيرة و أطوال موجات كبيرة.

نفرق بين الأمواج الكهرومغناطيسية الجيبية بواسطة تواتراتها أو بواسطة أطوال موجاتها في الفراغ.

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

حيث $c = 3.10^8$ m/s و هي سرعة الضوء في الفراغ.

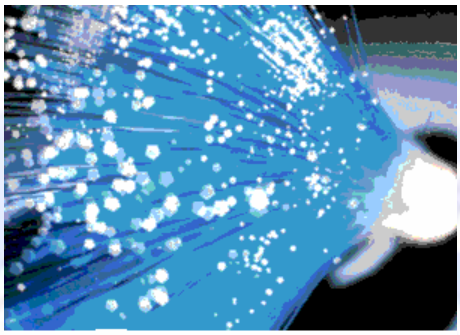
ينتمي الضوء للموجات الكهرومغناطيسية و لكن في مجال ضيق من التواترات.

**ب / خواص الأمواج الكهرومغناطيسية :**

يمكن تعميم خواص الأمواج الضوئية على كل الأمواج الكهرومغناطيسية.

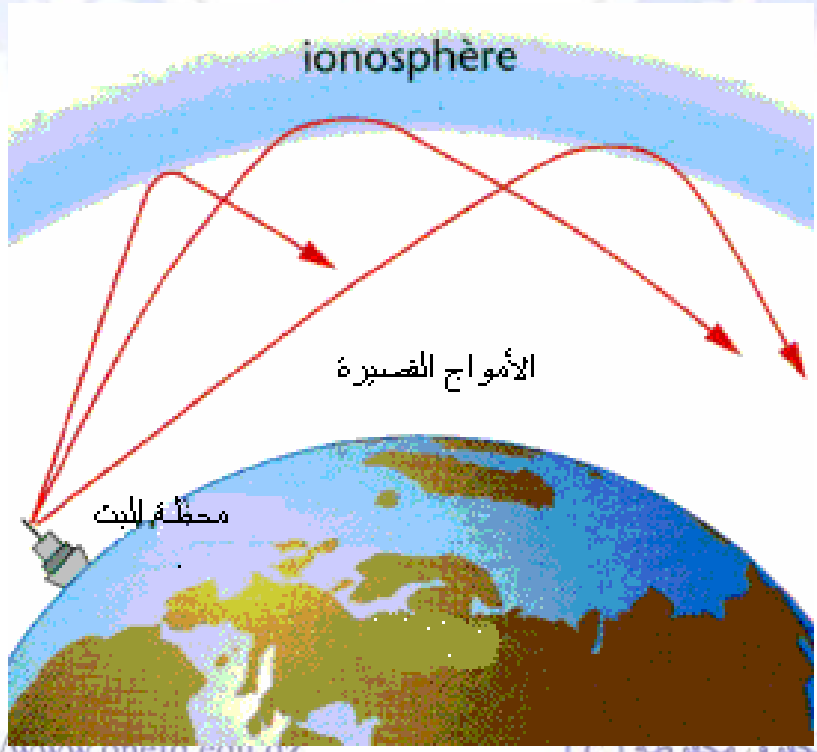
– تنتقل الأمواج الكهرومغناطيسية في الفراغ و كذلك في الأوساط المادية الشفافة.

– سرعة الموجة الكهرومغناطيسية كبيرة جدا. في الفراغ تصل قيمتها إلى $3.10^8$ m/s . في الألياف البصرية المستعملة في نقل المكالمات الهاتفية تصل سرعة الموجة الكهرومغناطيسية إلى $10^8$ m/s و هذا يسمح بنقل المعلومات بشكل سريع جدا.



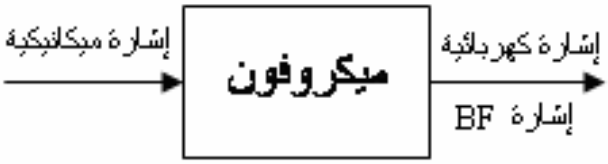
إستعمال الألياف البصرية لتوجيه الأمواج الكهرومغناطيسية

حسب تواتر الموجة الكهرومغناطيسية، هناك من تتخامد في وسط معين، وهناك من تمتص لما تجتاز الأوساط العاتمة، كما أن هناك من تنعكس. تستغل ظاهرة الانعكاس لإرسال الأمواج الكهرومغناطيسية على مسافات بعيدة.



## 2 – الموجة الكهرومغناطيسية الحاملة ( Onde porteuse )

عندما نتكلم أمام الميكروفون فإن هذا الأخير يلتقط معلومة صوتية و يحولها إلـى إشـارة كهربائية ذات تواتر منخفض BF . يحول الميكروفون الإشارة الميكانيكية إلى إشارة كهربائية.




لا يمكن بث هذه الإشارة وهي في هذه الحالة و هذا راجع للأسباب التي تطرقنا إليها في النشاط 3 و التي نذكرها كما يلي:

– الإشارات BF التي ترد من مختلف المحطات الإذاعية تختلط في ما بينها.

– الإشارة BF تتخامد بشكل معتبر مع زيادة المسافة المقطوعة و هو الشيء الذي لا يحـدث مـع الأمواج ذات التواترات المرتفعة HF .

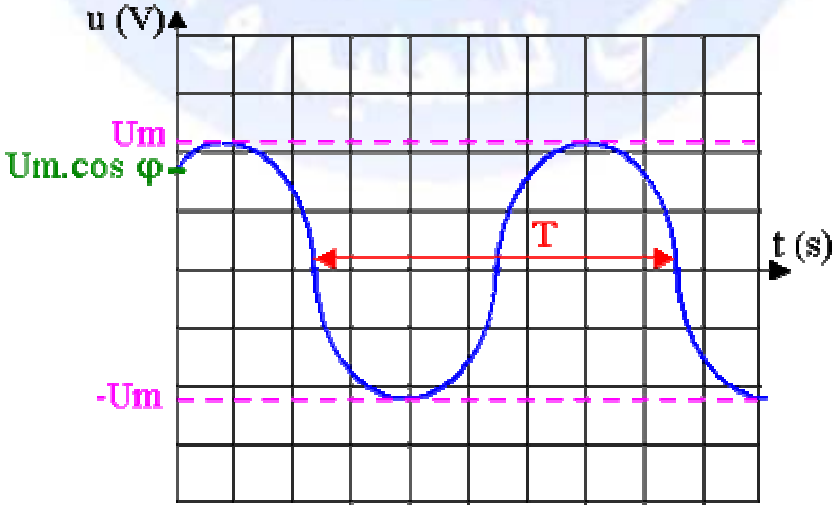
– أبعاد الهوائي الذي يجب استعماله لبث الأمواج BF تكون كبيرة جدا.

و لهذا لكي نستطيع بث إشارة BF ، نستعمل موجة حاملة. تقوم الاشارة BF بتضميم الموجة الحاملة ، نقول بأن الموجة الحملة أصبحت مضممة ( moduler )

الموجة الحاملة المستعملة لنقل الإشارة BF معادلتها دالة جيبية من الشكل:

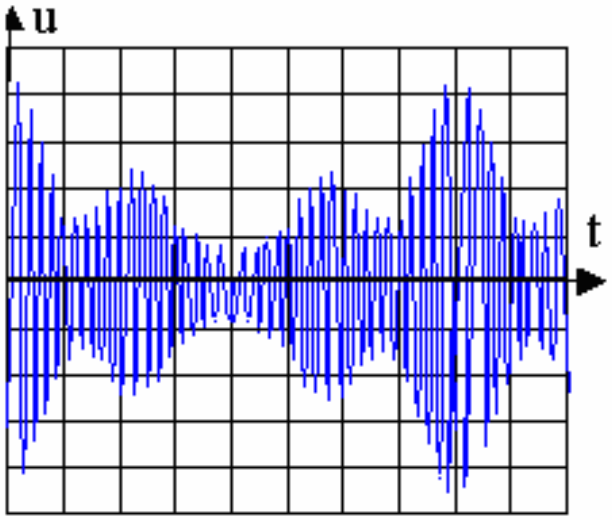
$$u(t) = U_m \cos(2\pi \cdot f \cdot t + \varphi)$$

البيان الذي يوافق هذه الدالة هو:

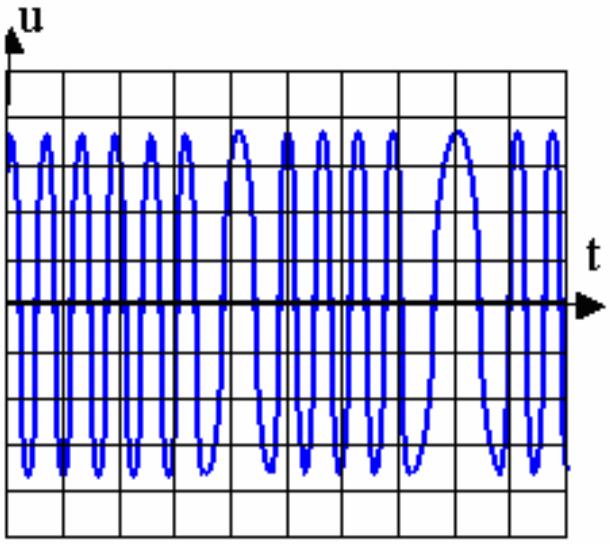



يمكن تضميم السعة $U_m$، التواتر f أو الصفحة $\varphi$ .

– في الحالة التي تضمم السعة نحصل على :



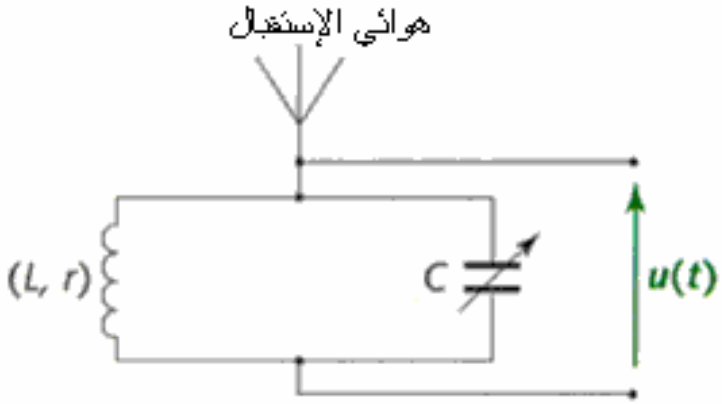

- في الحالة التي يضمم التواتر نحصل على:




- يمكن كذلك تضميم الصفحة.

## 3 – دارة المرشح LC على التفرع :

لاختيار موجة إذاعية معينة، نربط هوائي الاستقبال بدارة LC تكون فيها سعة المكثفة ( أو ذاتية الوشيعة ) قابلة للضبط كما هو مبين على الشكل التالي:




تبين لنا في النشاط 4 الذي تطرقنا إليه سابقا ما يلي:

– تتعلق سعة توتر الخرج $u_s(t)$ بين طرفي ثنائي القطب LC بتوتر توتر الدخول $u_e(t)$ و منه نفهم أن ثنائي القطب **يتصرف كمرشح**.

– تتخامد الاشارات التي تقع خارج مجال ضيق من التواترات، والذي يدعى الشريط النافذ، بشكل معتبر عند خروجها من المرشح بينما تحافظ الإشارات التي لها تواتر ينتمي إلى المجال الضيق للتواترات على سعتها بشكل مقبول. نقول على المرشح بأنه **مرر للشريط النافذ**.

– تكون قيمته تواتر الدخول الذي يسمح بالحصول على قيمة عظمى لتوتر الخرج $u_s(t)$، أي التواتر الذي يسمح **بضبط** المرشح ، مساوية لقيمة التواتر الذاتي لاهتزازات ثنائي القطب LC.

– عندما يضبط المرشح، تكون السعة $U_{s\,max}$ لـ $u_s(t)$ أعظمية، و لكن $U_{R\,max}$ للتوتر $u_R(t)$ بين طرفي المقاومة تكون أصغرية، و منه تكون السعة $I_{max}$ للتيار الكهربائي أصغرية هي أيضا.

– يشكل ثنائي قطب LC على التوازي دارة ترشيح الشريط النافذ حيث تواتر ضبطه ( أي تواتر التجاوب ) يحسب بالعلاقة:

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

– عندما يضبط المرشح LC فإنه يصبح يشكل دارة سدادة بالنسبة للتيار

# أسئلة التصحيح الذاتي :

**تمرين 1**

لدينا دارة كهربائية اهتزازية موصلة بجهاز تغذية الاهتزازات . تتميز العناصر الكهربائية التي تـشكل هذه الدارة بالقيم التالية: $C = 120\ \mu F$ $L = 110\ \mu H$ , $R = 5\ \Omega$

نوصل سلكا بأحد لبوسي المكثفة.

1 – أعط رسما للدارة دون التفصيل في دارة التغذية .

2 – أحسب تواتر الاهتزازات في الدارة.

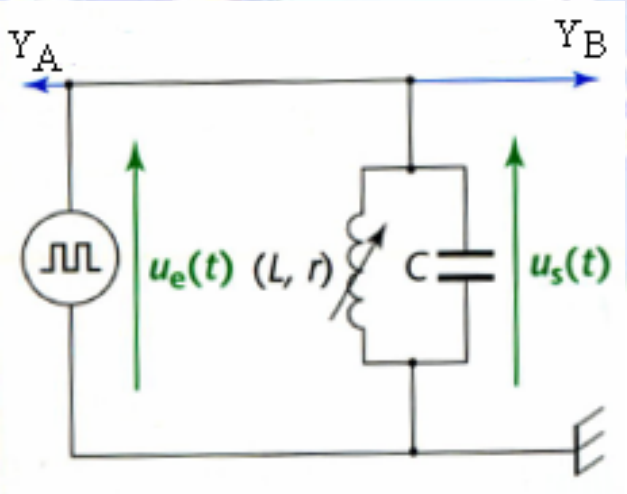
3 – ما هو دور السلك ؟

4 – ما هي طول موجة الموجة التي تبث في الهواء.

5 – هل تكون هذه الموجة مسموعة ؟

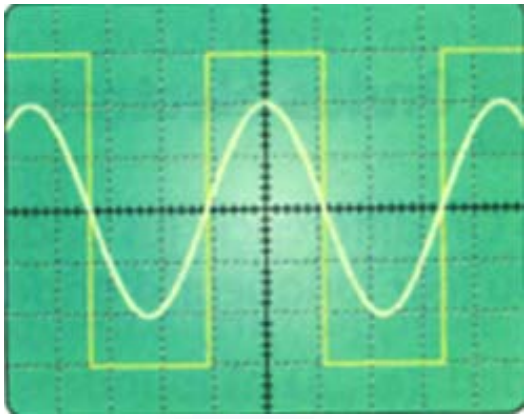
**تمرين 2 :**

يطبق مولد GBF إشارة مربعة على مدخل دارة ترشيح LC كما هو مبين على الشكل التالي:




تقدر سعة المكثفة بـ $C = 1{,}0\ \mu F$ ، وذاتية الو شيعة تقبل التغيير.

نلاحظ أن سعة إشارة الخروج تكون مقبولة من أجل بعض القيم للتواترات فقط، وتكون الإشارة عندئذ جيبية. نشاهد على راسم الاهتزاز المهبطي الشكل التالي:



المسح الأفقي : 1,0 ms/ div

1 – عين تواتر التوترين .

2 – استنتج قيمة الذاتية L للوشيعة.

3 – نعتبر أن توتر الدخول هو عبارة عن نتيجة لمجموع توتر أساسي جيبي تواتره f مع مختلف التوافقيات ( harmonique ) ذات التواترات 2f ، 3f ، 4f .... ذات سعة صغيرة. كيف تفسر إذن شكل إشارة الخرج.

4 – نغير قيمة الذاتية L و نقسم قيمتها على 4

أ / كيف يتغير تواتر التجاوب ( تواتر الضبط ) $f_r$ للمرشح ؟

ب / ما هي التغيرات التي نشاهدها على شاشة راسم الاهتزاز المهبطي ؟

# أجوبة التصحيح الذاتي :

**تمرين 1 :**

1 – نستنتج من المخططات المسجلة على شاشة راسم الاهتزاز المهبطي:

$$2T = 9 \times 1 = 9 \ \text{ms}$$

و منه نجد: $T = 4{,}5 \ \text{ms}$

و منه نجد:

$$f = \frac{1}{T} = 2{,}2.10^2 \ \text{Hz}$$

2 – بما أن المرشح قد ضبط ( على حالة تجاوب ) فإن التواتر f يساوي التواتر $f_r$ و منه:

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

إذن:

$$L = \frac{1}{4\pi^2 C f} = 0{,}52 \ \text{mH}$$

3 – الدارة مضبوطة على التواتر f ، سعة الإشارة الجيبية التي توافق الإشارة الأساسية تتخامد بشكل ضعيف، بالمقابل يتصرف ثنائي القطب LC كمرشح الشريط النافذ فهو يجعل التوافقيات التي تواترها بعيد عن القيم $f = f_r$ تتخامد بشكل كبير جدا، وبالتالي فإن شكل إشارة الخروج هـ و شـكل الإشـارة الأساسية أي إشارة جيبية.

4 –

أ / إذا كانت قيمة L الجديدة تساوي ربع القيمة السابقة فإن $f_r$ تضرب في المعامـل $\sqrt{4} = 2$ ، ومنه نجد: $f = 440 \text{Hz}$

ب / في هذه الحالة ينزع المرشح الإشارة الأساسية و كل التوافقيات الأخرى ماعدا تلك التي يكـون تواترها $f_2 = 2 \ f = 440 \ \text{Hz}$ .

إذن لم تتغير $u_e(t)$ بينما $u_s(t)$ هي توتر جيبي ذو تواتر مزدوج.

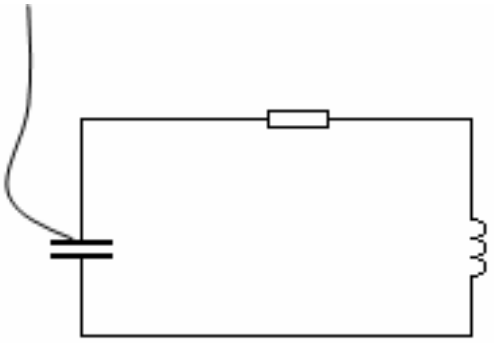
شكل هذه الإشارة على راسم الاهتزاز المهبطي ولها:

– دور يكون أصغر مرتين

– سعة تكون أصغر.

**تمرين 2 :**

1 – الدارة الكهربائية



2 – تواتر الاهتزازات هو:

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{110.10^{-6} \times 120.10^{-12}}} = 1{,}4.10^6\,\text{Hz} = 1{,}4\text{MHz}$$

3 – يلعب السلك دور هوائي باعث.

4 – طول الموجة:

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3.10^8}{1{,}4.10^6} = 214\text{m}$$

5 – نعم هذه الموجة لا يمكن سماعها لأنها لا تنتمي للمجال السمعي المحصور بين 20 Hz و 20 KHz .