

الجزء الثاني: الكهرباء : Electricité

الوحدة 6 : التراكيب الإلكترونية – الترانزستور

Montages électroniques – Le transistor

1. تعريف الترانزستور



اكتشف الترانزستور سنة 1948 من طرف علماء من الولايات المتحدة (Bradeen – Shockly – Brattain). وهو مركبة كهربائية لها ثلاثة أقطاب ، وقد عرفت هذه المركبة من خلال توظيفها في أجهزة الاستقبال الإداعي، والتي سميت آنذاك بإسمها. يعتبر هذا الإكتشاف عنصرا أساسيا في تقدم الإلكترونيك.

يتكون الترانزستور من بلور شبه موصل من Si السيلسيوم و Ge الجرمانيوم. يتم تنشيطه بإضافة كمية صغيرة جدا من ذرات دخيلة حيث نحصل على ثلاث مناطق مختلفة التوصيلة. يعتبر الترانزستور ثلاثي القطب تخرج منه ثلاث أسلاك موصلة مرتبطة داخليا بالمناطق الثلاث. وتسمى هذه المناطق بـ (الباعث – القاعدة – المجمع). ونميز بين نوعين من الترانزستور :

◆ ترانزستور من نوع NPN

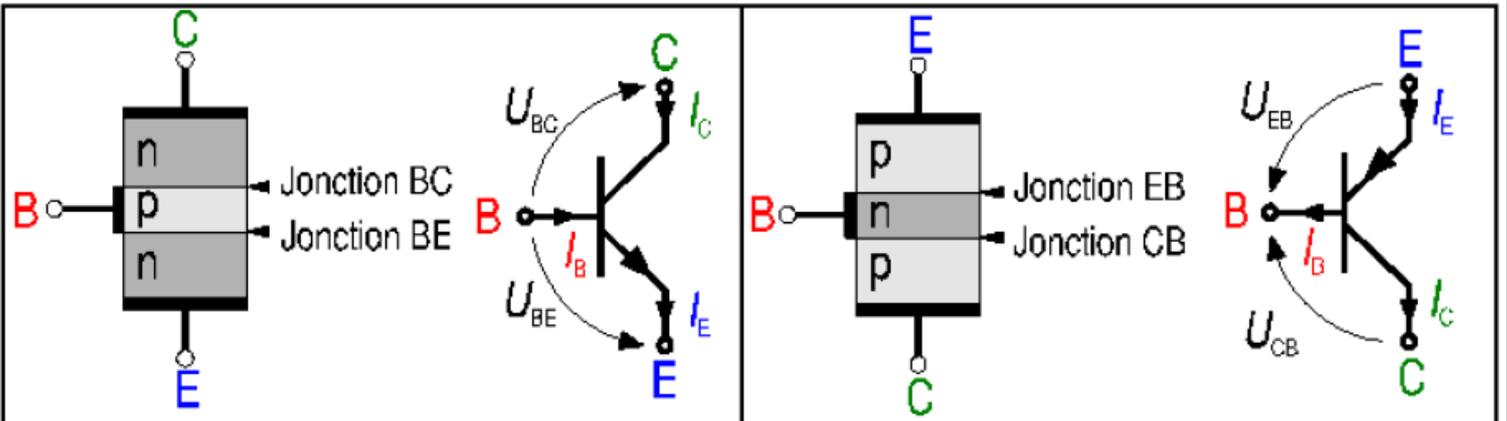
يحتوي على منطقتي P (منشطة من طراز P) موجودة بين منطقتين N (منشطتين من طراز N لكن بكيفية مختلفة).

◆ الترانزستور من نوع PNP

يحتوي على منطقتي N (منشطة من طراز N) موجودة بين منطقتين P (منشطتين من طراز P لكن بكيفية مختلفة). نسمي الوصلة، المنطقة الوسيطة التي تفصل بين منطقتين مختلفتي التنشيط ؛ فالترانزستور يحتوي إذن على وصلتين مختلفتين.

يمكن التعرف على الأقطاب الثلاثة للترانزستور اعتمادا على وثائق وبطاقات تقنية، كما يمكن استعمال جهاز أوممتر لهذا الغرض.

* نرسم للترانزستور بـ :

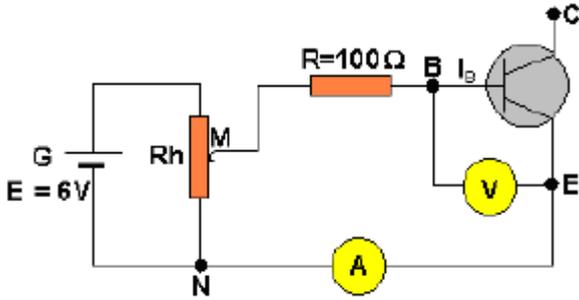


سنعتمد في باقي الدراسة، الترانزستور من نوع NPN، نظرا لشيوعه، حيث يدخل تياران كهربائيان من القاعدة والمجمع، ويخرج تيار كهربائي من الباعث.
عند تطبيق قانون العقد يمكن أن نكتب :

$$I_E = I_B + I_C$$

2. سلوك الترانزستور

1. استعمال " القطبين EC "



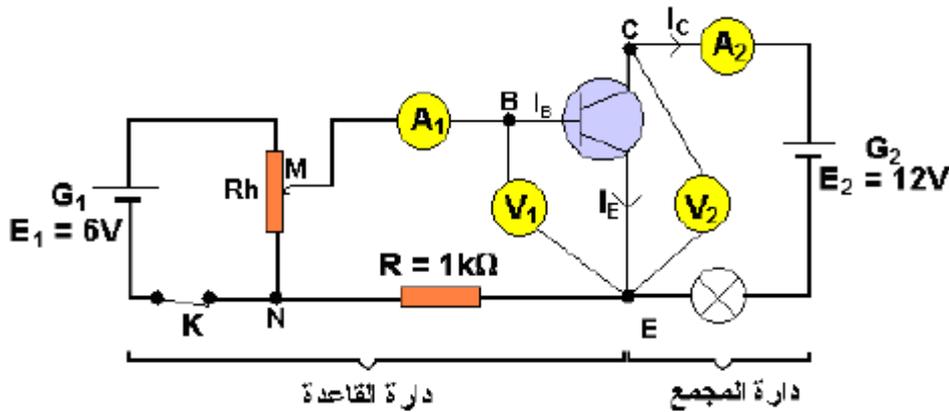
عند تطبيق توتر بين القطبين B و E لا يمر تيار كهربائي في الترانزستور إلا عندما يتجاوز التوتر بين مرطبي القاعدة والباعث U_{BE} عتبة توتر U_S .
عند تمثيل المميزة $I_B = f(U_{BE})$ نحصل على مميزة تشبه مميزة صمام ثنائي ذي وصلة.

استنتاج :

عند استعمال الوصلة BE فقط، يتصرف الترانزستور كصمام ثنائي عادي إذ عند تركيبه في المنحنى المار لا يسمح بمرور التيار الكهربائي إلا إذا كان التوتر بين مرطبيه $U_{BE} > U_S$ عتبة التوتر.

2. استعمال كل أقطاب الترانزستور

نستعمل الأقطاب الثلاث للترانزستور (دائرة القاعدة + دائرة المجمع) وذلك بإنجاز التركيب الكهربائي التالي :



عندما نغلق قاطع التيار K ونغير التوتر U_{BE} مع إبقاء التوتر U_{CE} ثابتا ($U_{CE} = 4,5V$) نحصل على النتائج المدونة في الجدول الآتي :

U_{BE} (V)	0	0,2	0,5	0,6	0,65	0,7	0,75	0,78	0,80	0,81	0,83	0,84
I_B (mA)	0	0	0	0	0,2	0,4	0,8	1,2	2	3	5	7,2
I_C (mA)	0	0	0	0	30	60	120	180	198	202	204	204
أنظمة الإمتعال	الترانزستور متوقف				النظام الخطي (مضخم)				الترانزستور مشبع			

عموما عند تغيير التوتر U_{BE} يمر الترانزستور من ثلاثة أنظمة :

حالة التوقف :

عندما يكون قاطع التيار K مفتوحا $I_B = 0$ ، و $I_C = 0$ يكون الترانزستور في هذه الحالة مكافئا لقاطع تيار مفتوح بين المجمع C والباعث E.

حالة الإشتغال الخطي :

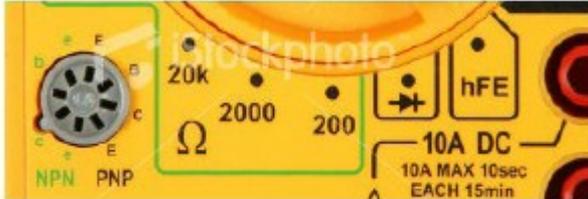
عندما يكون $U_{BE} < U_S$ ، في هذا المجال نلاحظ أن I_C تتناسب اطرادا مع I_B بحيث :

$$I_C = \beta I_B$$

β : تسمى معامل التضخيم للترانزستور، غالبا ما تكون محصورة بين 0 - 1000.

دائرة القاعدة تتحكم في دائرة المجمع، تسمى بظاهرة مفعول الترانزستور.

يمكن قياس β بواسطة جهاز Transistomètre أو جهاز متعدد القياس (نقيس المعامل β أو h_{FE}).



حالة الإشباع :

عندما تصبح شدة التيار I_C ثابتة حتى بالنسبة لقيم تزايدية لـ I_B نقول أن الترانزستور أصبح مشبعا. يكون في هذه الحالة التوتر بين المجمع و الباعث منعدما ويصبح الترانزستور مكافئا لقاطع تيار مغلق بين المجمع C و الباعث E.

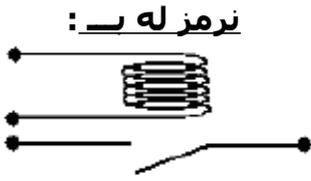
أنظمة الإشتغال	متوقف	مضخم	مشبع
EB استقطاب	معاكس	مباشر	مباشر
CB استقطاب	معاكس	مباشر	مباشر
النتائج	$I_B = 0$	$I_C = \beta I_B$	$I_C < \beta I_B$
	$I_C = 0$	$U_{CE} > 0$	$U_{CE} = 0V$
	$U_{CE} = E_2$	$U_{CE} > U_{BE}$	$U_{CE} < U_{BE}$

ملحوظة :

يمكن للترانزستور أن يمر بسرعة من الحالة المتوقفة إلى حالة الإشباع أو العكس صحيح دون المرور بالإشتغال الخطي، نقول أن الترانستور يشتغل بالكل أو لا شيء.

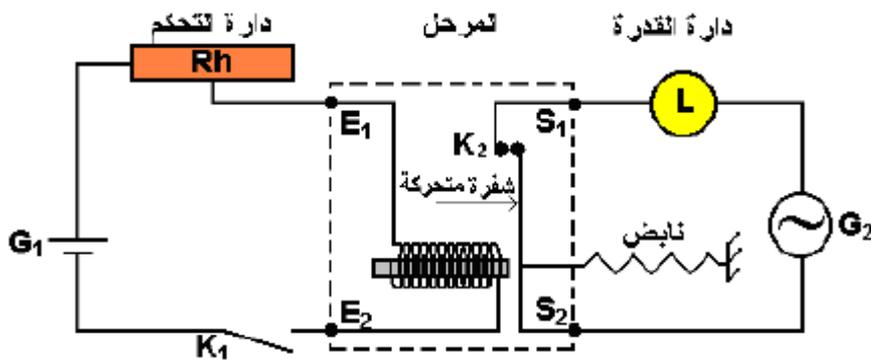
4. بعض التراكيب الإلكترونية البسيطة التي تحتوي على الترانزستور

4.1. الرحل : Relais



الم رحل رب اعبي ال قطب يتكون أ ساس ا من
كهرمغناط يس قادر على فتح أو غلق قاطع التيار حسب
قيمة توتر دائرة التحكم للمرحل.

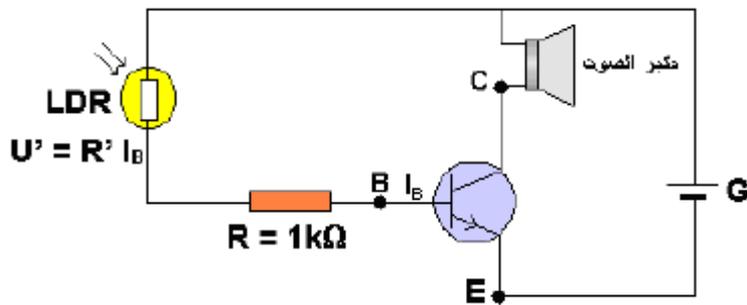
◇ مبدأ اشتغال المرحل



عند غلق قاطع التيار K_1 تجذب نواة الكهرمغناط يس مما يؤدي إلى غلق قاطع التيار K_2 (الشفرة المتحركة).
وبالتالي يضيء المصباح.

عند فتح قاطع التيار K_1 ترجع الشفرة إلى موضعها الأول (بواسطة تأثير النابض) فيفتح قاطع التيار K_2
فينطفئ المصباح.

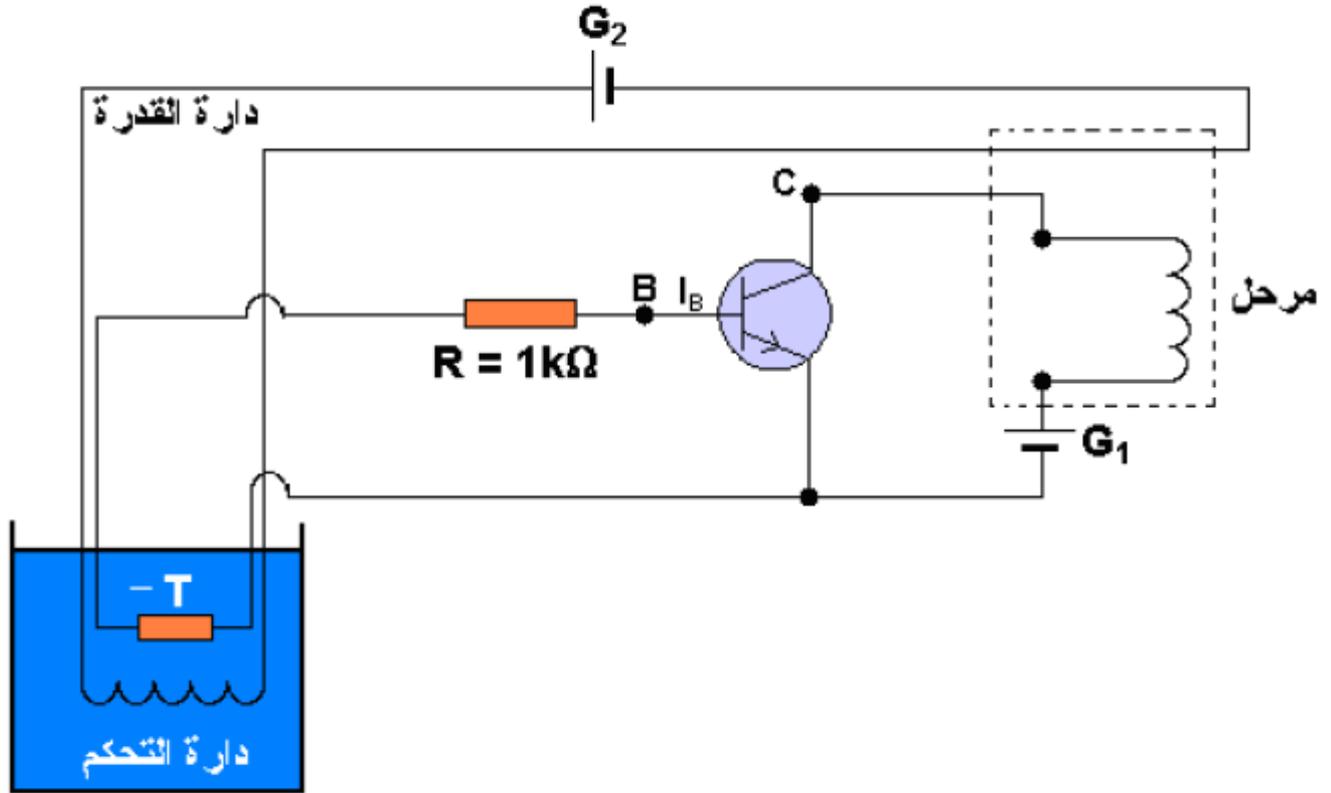
4.2. تركيب مؤشر الضوء



هذا التركيب يمكن من التحكم في مكبر الصوت بواسطة إضاءة المقاومة الضوئية L.D.R، في الضوء يصدر مكبر
الصوت صوتا معيناً وفي الضلام لا يصدر أي صوت.

◆ **تعليق:** في الضلام تكون مقاومة L.D.R هي $R' = 1M\Omega$ و بالتالي $I_B = 0$ وهي قيمة صغيرة جدا يمكن اعتبارها منعدمة. وبالتالي $I_C \approx 0$ ، إذن لا يمر أي تيار في مكبر الصوت. في الضوء تكون كذلك مقاومة L.D.R هي $R' = 100\Omega$ ومنه تكون لـ I_B قيمة مهمة، وبالتالي تكون كذلك لـ I_C قيمة مهمة تمكن من تشغيل مكبر الصوت.

3.4. مؤشر السخونة



يمكن هذا التركيب من التحكم في المرحل بواسطة المقاومة الحرارية CTN. عند درجة حرارة منخفضة لـ CTN تنشط دائرة القدرة. عند درجة حرارة مهمة لـ CTN تنشط دائرة القدرة.

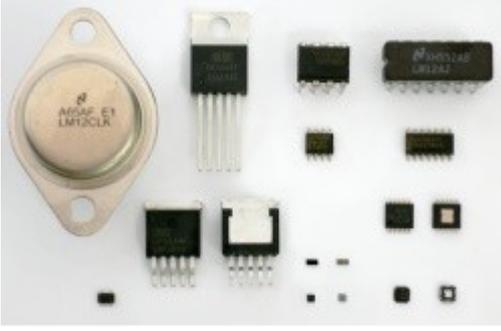
◆ **تعليق:**

عند درجة حرارة منخفضة تكون لـ CTN مقاومة جد كبيرة و بالتالي تكون I_B منعدمة. ومنه $I_C = 0$ إذن يقفل المرحل ولا تنشط دائرة القدرة. عند درجة حرارة مرتفعة تكون لـ CTN مقاومة ضعيفة وبالتالي يمر تيار I_B ، إذن يمر تيار I_E ، يغلق المرحل و تنشط دائرة القدرة.

الجزء الثاني: الكهرباء : Electricité

الوحدة 7 : التراكيب الإلكترونية - المصمخ العملياني

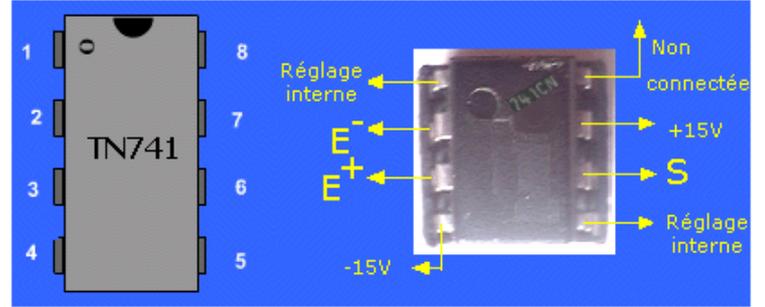
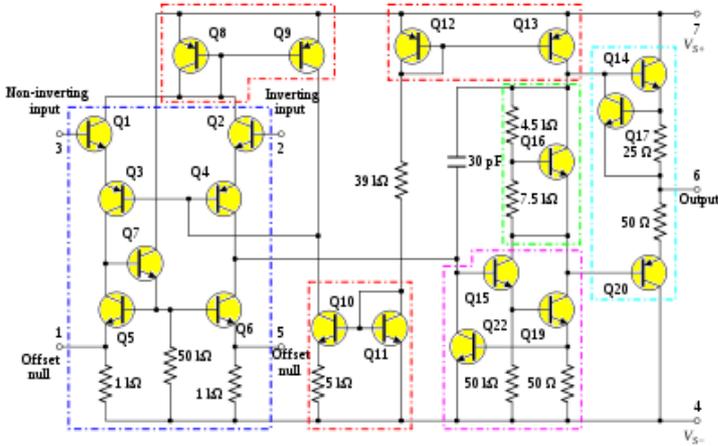
Montages électroniques – Amplificateur opérationnel



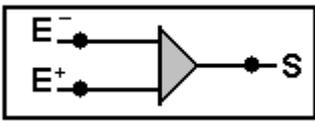
تمكنت الإلكترونيك الحديثة من إنجاز دارات كهربائية معقدة تحتوي على الآلاف من الترانزستورات والموصلات الأومية والمكثفات. إنها الدارات المتكاملة المعروفة التي من بينها نجد المصمخ الخطي ذي الدارة المتكاملة الذي نسميه كذلك المصمخ العملياني.

1. تقديم المصمخ العملياني Présentation de l'amplificateur opérationnel parfait

المصمخ العملياني دارة متكاملة لها 8 أقطاب (تسمى الأرجل) ، وهو يتضمن عددا كبيرا من الترانزستورات، يمثل الشكل أسفله المصمخ العملياني 741 الذي سنستعمله في دراستنا.



الرمز الكهربائي الأكثر انتشارا هو :



* المرطبان 1 و 5 (offset) لن نستعملها في تجاربنا حيث لا يصلح إلا

لضبط اشتغال المصمخ العملياني.

* المرطبان 2 يسمى المدخل العاكس E^- .

* المرطبان 3 يسمى المدخل غير العاكس E^+ .

* المرطبان 4 و 7 يستعملان لتغذية المصمخ العملياني ($15V, -15V$)

* المرطبان 6 يسمى المخرج.

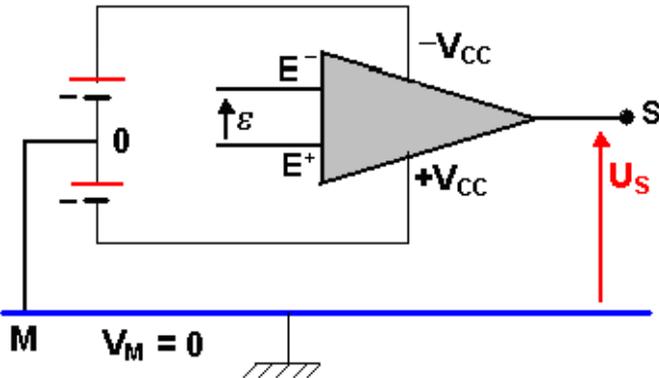
* المرطبان 8 يبقى غير مستعمل (غير مرتبط)

2. تغذية المصمخ العملياني (استقطاب)

(المصمخ)

تم تصميم المصمخ العملياني لكي يغذى بواسطة منبعين G_1 و G_2 وأن تكون التغذية متماثلة. وتستعمل عادة $V_{CC} = +15V$ و $-V_{CC} = -15V$.

يعتبر الهيكل M مرجعا للجهود الكهربائية ($V_M = 0$)



وبالتالي نكتب :

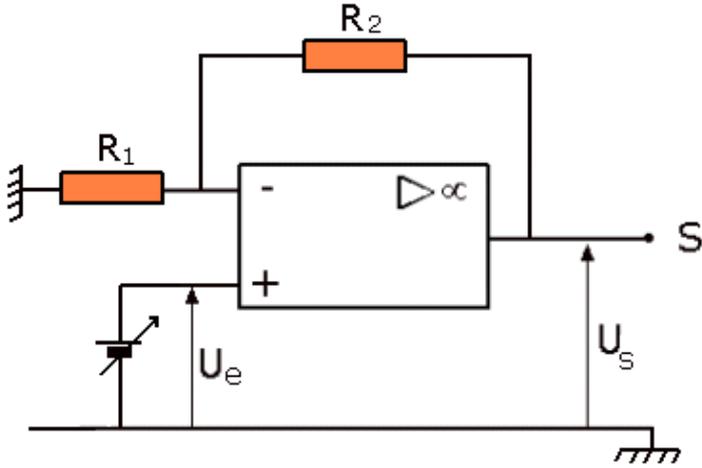
$$U_{E^-} = V_{E^-} \quad \text{و} \quad U_{E^+} = V_{E^+} \quad \text{و} \quad U_S = V_S - V_M = V_S$$

المقدار ε يمثل التوتر بين المدخلين العاكس وغير العاكس حيث :

$$\varepsilon = U_{E^- E^+} = V_{E^-} - V_{E^+}$$

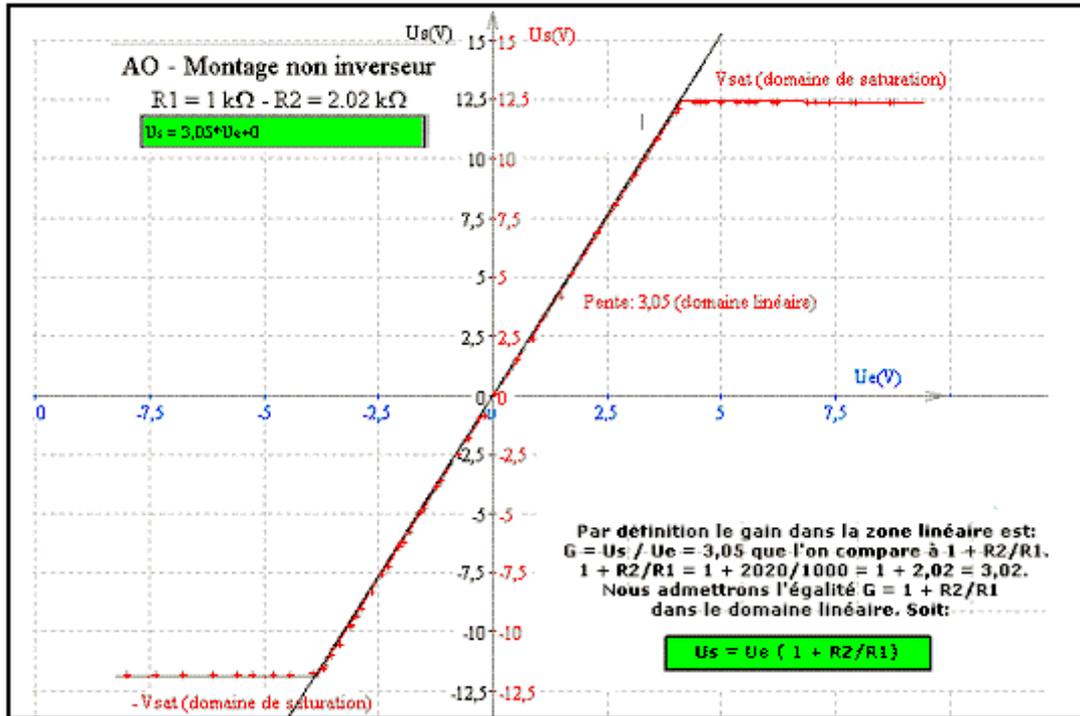
3. أنظمة اشتغال المضخم العملياتي

3.1. تركيب المضخم غير العاكس



نجز التركيب التجريبي الممثل في الشكل جانبه. نغير توتر الدخول U_e بواسطة مولد التوتر المستمر القابل للضبط بين $+V_{cc}$ و $-V_{cc}$ نقيس توتر الخروج U_s فنحصل على النتائج التالية.

يمثل المنحنى $U_s = f(\varepsilon)$ مميزة التحويل للمضخم العملياتي :



يشتغل المضخم العملياتي أساسا وفق نظامين :

◆ **النظام الخطي :** عندما يكون التوتر ε محصورا بين القيمتين : $-\varepsilon < \varepsilon < +\varepsilon$

في النظام الخطي :

$$U_s = f(U_e) = A_0 \times U_e$$

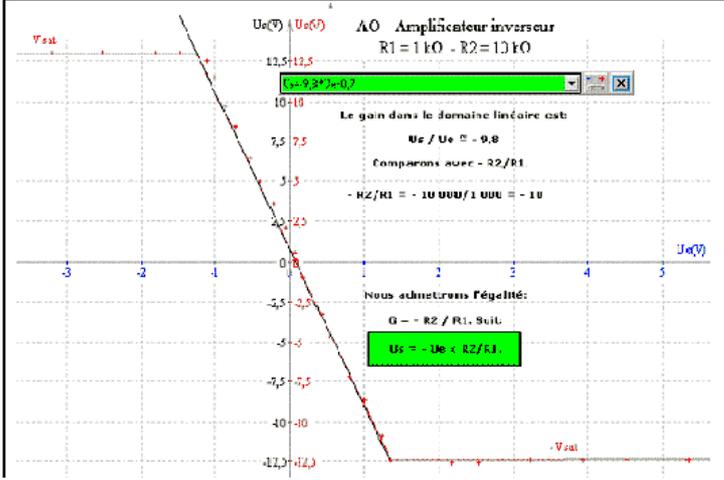
$$\Rightarrow A_0 = \frac{U_s}{U_e}$$

يسمى المعامل A_0 معامل التضخيم الفرقي.

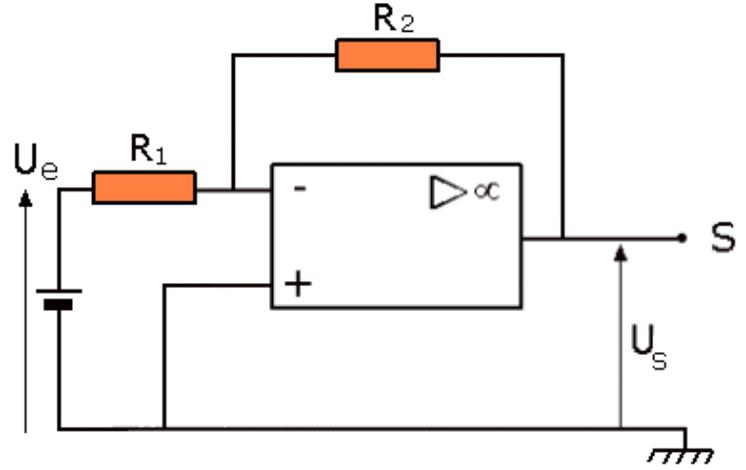
◆ **حالة الإشباع :** عندما يكون التوتر ε خارج المجال السابق و يوافق توتر الخروج U_s توتر التغذية V_{cc} .

2.3. تركيب المضخم العاكس

مميزة التحويل

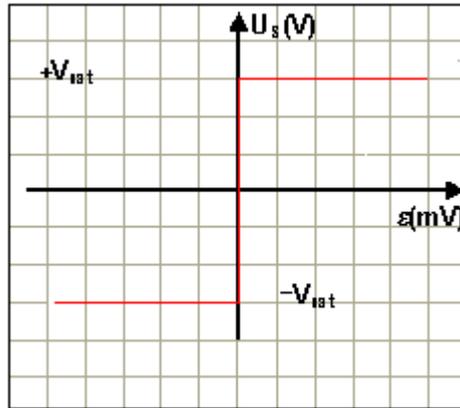


التركيب التحريبي



* المضخم العملياتي الكامل :

لتسهيل دراسة اشتغال المضخم العملياتي الحقيقي في النظام الخطي ، نعرف المضخم العملياتي الكامل (أو المثالي) الذي يتميز بمقاومة R_e لامتناهية في الكبر عند مدخله ($R_e \rightarrow \infty$) ، تمنع مرور التيار الكهربائي من وإلى أي من المدخلين ، كما يتميز بأن التوتر ε بين مدخله لا متناه في الصغر ($\varepsilon \rightarrow 0$).



مميزات المضخم العملياتي الكامل :

$$i^+ = i^- = 0 , \quad \varepsilon = 0 , \quad R_e \rightarrow \infty , \quad A_0 \rightarrow \infty$$

