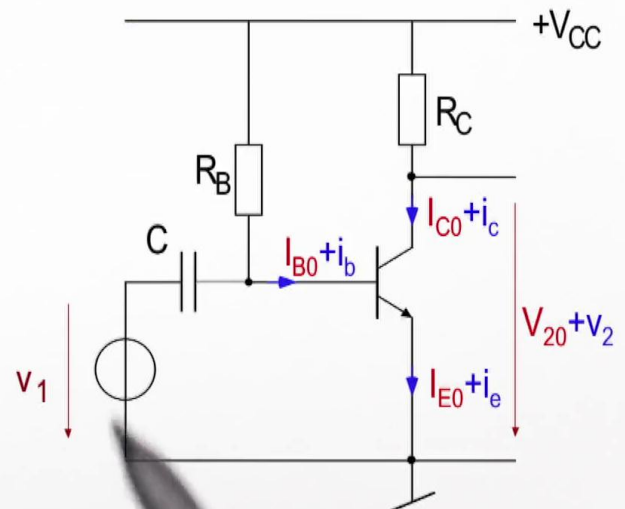




# Modèles petits signaux: exemple d'application



$$V_{CC}=10V, R_B=186k\Omega, R_C=1k\Omega, C=\infty \text{ et } \beta=100$$

Electronique II

Maintenant que le modèle petits signaux a été introduit, nous allons le mettre en application dans le contexte d'un circuit. L'objectif de cette vidéo, c'est de prendre un exemple simple d'un transistor où on va devoir le polariser, bien sûr, et on va superposer à la polarisation un accroissement. Grâce à ça, nous allons pouvoir voir ce qui va se passer avec notre transistor et comment on utilise le modèle petits signaux une fois que notre transistor est mis dans un contexte de circuit complet. L'exemple du circuit est le suivant. On voit notre transistor ici, et là il y a une alimentation. C'est une source de tension  $V_{CC}$ . J'ai pris une source de tension continue, je peux bien sûr le dessiner là si je le souhaite. Je tire ici ceci, et je n'ai qu'à dessiner une source de tension  $V_{CC}$  qui va alimenter tout ceci. Quand j'analyse mon circuit, une fois que j'ai dessiné ça, je vais remarquer la chose suivante. Je reprends le circuit maintenant que j'ai effacé cette source que j'ai ajoutée, et je remarque que cette source de tension, qu'on dessine d'habitude comme ça sans la dessiner chaque fois, on ne l'ajoute pas, c'est pour ça que je l'ai effacée.

Notes

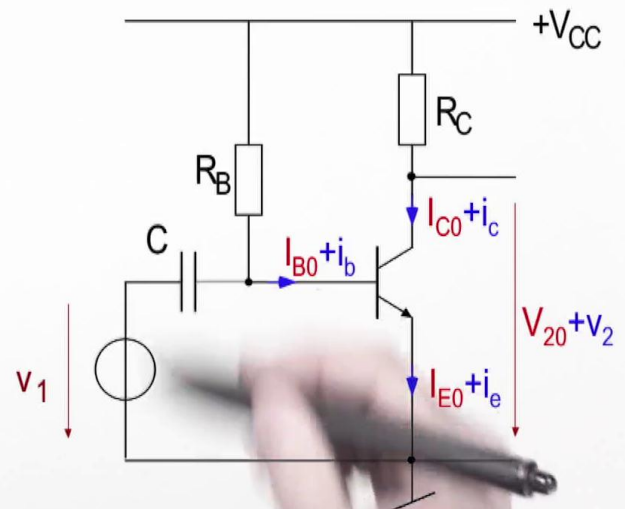
Summary



0m 04s

# Modèles petits signaux: exemple d'application

$$\underline{Z}_C = \frac{1}{j\omega \cdot C} = 0$$



$V_{CC}=10V$ ,  $R_B=186k\Omega$ ,  $R_C=1k\Omega$ ,  $C=\infty$  et  $\beta=100$

Electronique II

Je vois que j'ai mis une résistance qui vient depuis la tension d'alimentation, vers la base. J'ai ajouté ici une capacité et j'ai ajouté une tension que j'ai écrit en minuscule, que j'ai appelée  $V_1$ . J'ai ajouté une source d'accroissement, ou une source qui va me fournir le signal à travers mon transistor et je l'ai découplée par une capacité. C'est quoi, découpler par une capacité? Nous aurons une leçon complète sur ce qu'est cette capacité, mais si vous observez ici ce que je viens de noter, j'ai mis  $C=\infty$ . Vous savez que la valeur de la capacité est extrêmement élevée et vous dites  $C=\infty$ , c'est comme si vous étiez en train de dire l'impédance de ma capacité  $Z_C$  complexe, qui est égale à  $1$  sur la fréquence de signal, ou la pulsation du signal qui est  $2\pi F$ , c'est  $(2\pi \times F)$  que j'injecte, multiplié par  $C$ , celle qui va venir depuis ici. Je mets ici est égal à l'infini. C'est comme si j'étais en train de dire que pour tout ce qui est variable, tout ce qui possède une fréquence, l'impédance est égale à  $0$ . La capacité se comporte comme un court-circuit pour tout ce qui est variations. Pour tout ce qu'on ajoute ici qui a une certaine variation, cette capacité se comporte comme un court-circuit.

Notes

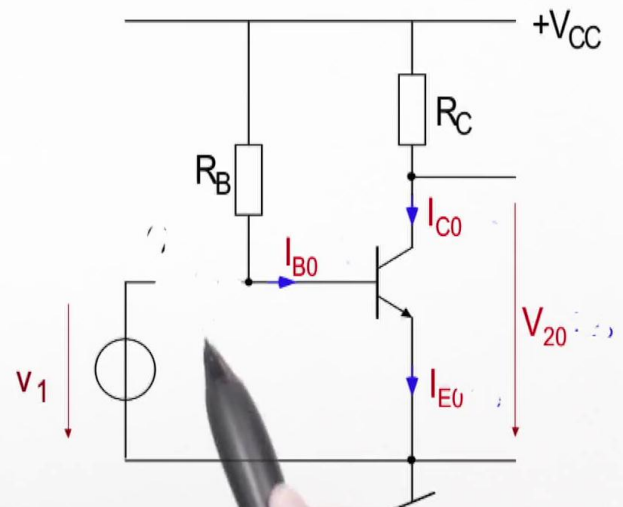
Summary



1m 21s

# Modèles petits signaux: exemple d'application

$$Z_c = \frac{1}{j\omega \cdot C} = 0$$



$V_{CC}=10V$ ,  $R_B=186k\Omega$ ,  $R_C=1k\Omega$ ,  $C=\infty$  et  $\beta=100$

Electronique II

Pour tout ce qui n'est pas variable, elle se comporte comme un circuit ouvert. Ça veut dire que ce circuit-là, je peux le traiter de deux manières. Si je veux le traiter en DC, donc si je veux le traiter sans injecter, ou plutôt en gardant tout qui est connecté ici, mais sans tenir compte que j'ai ici une source variable, je n'ai qu'à enlever cette partie-là. Cette partie-là va disparaître et là j'ai mon circuit qui est alimenté, et bien sûr il n'y a pas cette composante ici. Toutes ces composantes qui se trouvent ici vont disparaître. Donc ça, ça va disparaître en modèle DC, ça, ça va disparaître en modèle DC et ça aussi. Donc, il n'y a plus de variations AC, tout ça est dû au fait que j'ai utilisé une capacité et la capacité découple les variations. Tout ce qui est variable, elle va le laisser passer et sinon je me trouve avec un circuit uniquement alimenté par une tension d'alimentation et il n'y a plus de composante DC. Tout ça grâce à cette capacité parce que la capacité est là pour permettre à cette source-là, quand cette source impose une variation de tension à l'accroissement, quelque chose qui varie dans le temps, qui a certaines fréquences, quand on parle d'une tension sinusoïdale, son impédance là va être égale à 0.

Notes

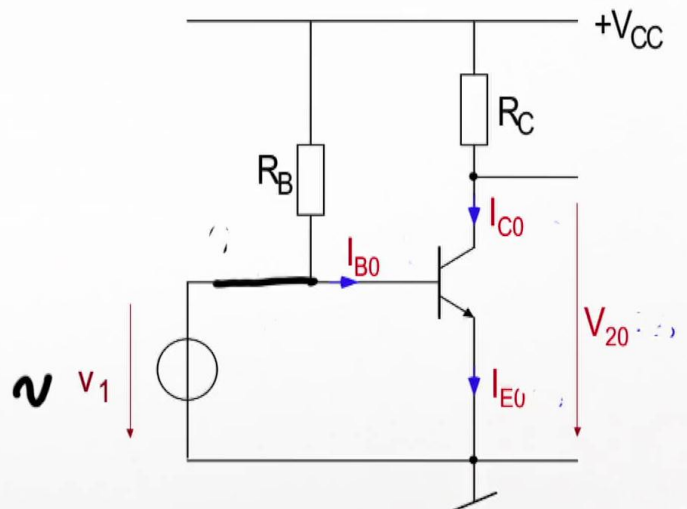
Summary



2m 53s

# Modèles petits signaux: exemple d'application

$$Z_c = \frac{1}{j\omega C} = 0$$



$V_{CC}=10V$ ,  $R_B=186k\Omega$ ,  $R_C=1k\Omega$ ,  $C=\infty$  et  $\beta=100$

Electronique II

Elle se comporte comme un court-circuit, seulement quand j'ai une tension qui varie dans le temps et on l'a amenée à une tension sinusoïdale pour pouvoir parler de l'impédance.

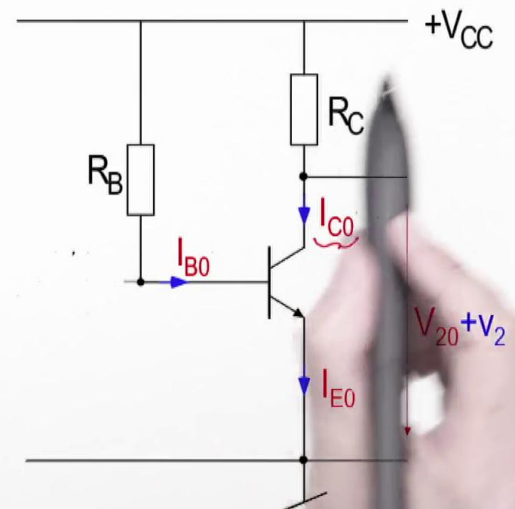
Notes

Summary

4m 11s



# Modèles petits signaux: exemple d'application



$$V_{CC}=10V, R_B=186k\Omega, R_C=1k\Omega, C=\infty \text{ et } \beta=100$$

Electronique II

Voilà. J'aimerais bien prendre mon circuit et le remettre dans son utilisation DC, c'est-à-dire je vais effacer partout où j'ai la capacité. Je vais regarder juste le modèle DC de ce qui se passe. On a dit que là, on va regarder juste les composantes continues. J'efface tout ce qui est AC, tout ça va disparaître. Je me retrouve avec un circuit extrêmement simple, qui est ceci. Tout ça, c'est comme s'il n'existait pas, je peux l'effacer, je ne le vois pas. La source V1 qui me génère le signal AC va disparaître. Là, maintenant j'ai mon circuit de polarisation. Observons bien ceci, c'est bel et bien un circuit de polarisation. Je souhaiterais faire quoi, en réalité ? En réalité, je souhaiterais imposer le courant  $I_{C0}$ . Vous vous souvenez bien que la première étape de l'utilisation d'un transistor, c'est de le polariser. C'est un schéma de polarisation assez connu, pas beaucoup utilisé, nous verrons plus tard pourquoi pas, mais assez didactique pour expliquer ça. On a dit qu'on a une alimentation DC, c'est-à-dire de là à là, j'ai une tension  $+V_{CC}$ .

Notes

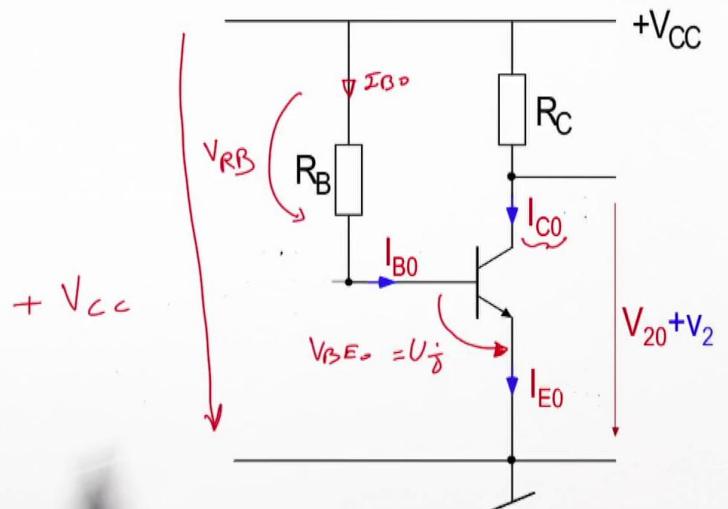
Summary



4m 21s

# Modèles petits signaux: exemple d'application

$$V_{CC} = I_{B0} \cdot R_B + U_j$$



$$V_{CC}=10V, R_B=186k\Omega, R_C=1k\Omega, C=\infty \text{ et } \beta=100$$

Electronique II

Lorsque vous appliquez une tension  $+V_{CC}$  et que vous mettez une résistance qui vient vers la base, vous savez que quand votre transistor va conduire, il va ici avoir une tension si vous utilisez le modèle simple du transistor qui fait abstraction de l'exponentielle. Je vous rappelle qu'on a dit que lors de la polarisation d'un transistor, nous utilisons justement le modèle simple de transistor, celui qui est linéaire par segment qui va me dire que là j'ai une tension de jonction de l'ordre de grandeur de  $U_j$ , donc le  $V_{BE}$ , ou le  $V_{BE0}$ , va être de l'ordre de grandeur de  $U_j$ . Il va de soi que cette valeur de  $U_j$ , c'est une approximation. C'est tout à fait valable quand on veut regarder l'effet de la polarisation. Donc, uniquement en polarisation on a le droit d'utiliser ça. Parce qu'après le  $V_{BE}$  variable, il va être injecté par cette source de tension qui va effectuer une variation de la tension en bas émetteur. Si vous partez de ça et vous dites  $I_{B0}$  passe par là, le  $I_{B0}$  ici, et que là j'ai une tension que j'ai appelée  $V_{RB}$  qui est égal à  $(I_{B0} \times R_B)$ , je peux écrire que  $V_{CC}$ , la tension d'alimentation, est égale à  $I_{B0}$  multiplié par  $R_B$  plus  $U_j$ . Et ça, c'est la tension qui est là, plus celle-ci.

Notes

Summary



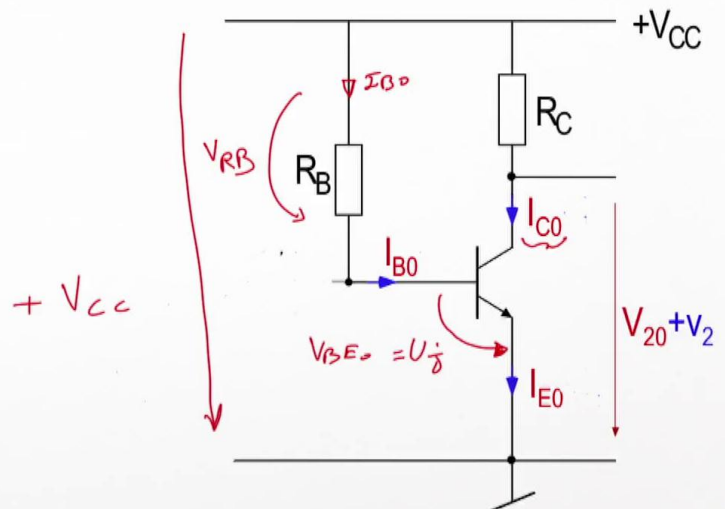
5m 39s



# Modèles petits signaux: exemple d'application

$$V_{CC} = I_{B0} \cdot R_B + U_{BE}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} I_{B0} = \frac{V_{CC} - U_{BE}}{R_B} \\ I_{C0} = \beta \cdot I_{B0} \end{array} \right.$$



$$V_{CC}=10V, R_B=186k\Omega, R_C=1k\Omega, C=\infty \text{ et } \beta=100$$

Electronique II

Donc, je peux facilement extraire mon courant  $I_{B0}$  qui va être  $(V_{CC} - U_{BE})$  divisé par la résistance  $R_B$ . Finalement, l'élément de calcul c'est le  $R_B$ . C'est à vous de choisir la résistance  $R_B$  pour imposer  $I_{B0}$ . Ce n'est pas ça l'objectif, l'objectif c'est  $I_{C0}$ . Ceci nous permet de déterminer  $I_{B0}$ , mais je sais que  $I_{B0}$  est lié à  $I_{C0}$  par le fait que  $\beta$  du transistor fois  $I_{B0}$  va me donner ce courant  $I_{C0}$ , donc  $I_{C0}$  est connu. Le  $\beta$  du transistor est donné, on a un  $\beta$  égal à 100. Donc, le fameux  $I_{B0}$  que j'ai ici va me permettre de calculer  $I_{C0}$  une fois que j'ai décidé de la valeur de  $R_B$ . Ces deux relations-là me permettent de dimensionner la résistance  $R_B$  pour obtenir un courant  $I_{C0}$ . Si vous souhaitez mettre  $I_{C0}$  d'une valeur de 1 milliampère ou d'autres, on va le calculer tout à l'heure dans ce circuit. Mais si vous souhaitez imposer une valeur ici, connaissant le  $\beta$ , vous trouvez le  $I_{B0}$ , vous mettez le  $I_{B0}$  par sa valeur ici.  $V_{CC}$  est connue,  $U_{BE}$  c'est de l'ordre de 0,7 volt. Vous avez le  $R_B$  à calculer, donc c'est uniquement le  $R_B$  qu'on devrait extraire de ceci une fois qu'on a imposé  $I_{C0}$ . En réalité, ce que je suis en train de faire, je suis en train de dire que j'ai polarisé mon transistor, j'ai  $I_{C0}$ .

Notes

Summary



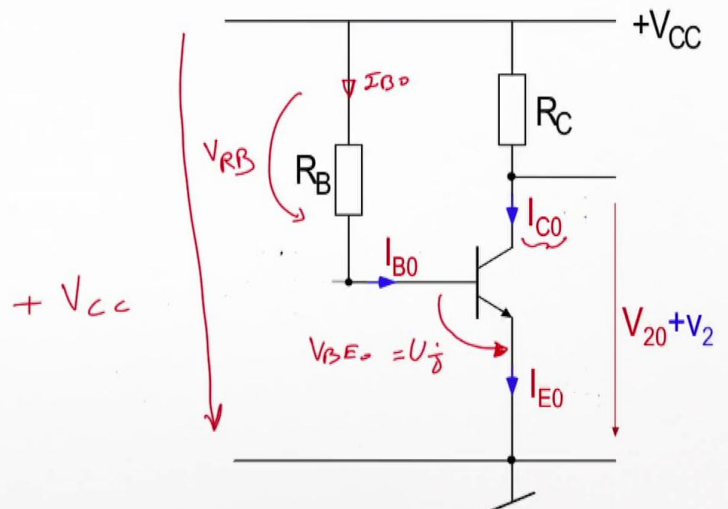


# Modèles petits signaux: exemple d'application

$$V_{CC} = I_{B0} \cdot R_B + U_{\dot{B}}$$

$$I_{B0} = \frac{V_{CC} - U_{\dot{B}}}{R_B}$$

$$I_{C0} = \beta \cdot I_{B0}$$



$$V_{CC}=10V, R_B=186k\Omega, R_C=1k\Omega, C=\infty \text{ et } \beta=100$$

Electronique II

Quel est le courant  $I_{B0}$  qui va parcourir mon transistor ? On a dit qu'on ne va pas le calculer, on l'a approximé. Mais si vous le mettez dans la loi exponentielle, vous allez avoir la vraie valeur de  $V_{BE0}$  qui est assez proche de cette valeur, sachant que la loi est exponentielle. Notre transistor est polarisé, notre fameux  $I_{C0}$  est connu. Qu'est-ce qu'on ferait après ? Eh bien ce  $I_{C0}$  on va superposer à ce  $I_{C0}$ , et ce  $I_{B0}$ , la variation qui va venir de ce que je viens d'effacer. Voyons voir les valeurs en tenant compte du calcul correct qui tient compte des valeurs qu'on a ajoutées. On a mis une résistance  $R_B$  de 186 k $\Omega$  et la résistance  $R_C=1$  k $\Omega$ .

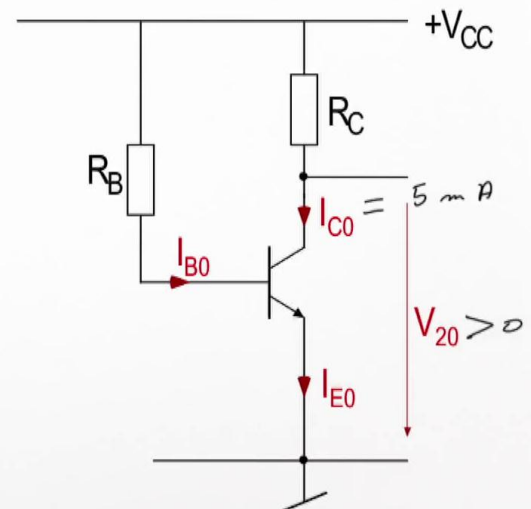
Notes

Summary



# Calcul du point de repos (DC)

- $I_{B0} = (V_{CC} - U_J)/R_B$
- $I_{C0} = \beta I_{B0} = \beta(V_{CC} - U_J)/R_B = 5 \text{ mA}$
- $V_{20} = V_{CC} - I_{C0} R_C = V_{CC} - \beta I_B R_C = 5 \text{ V}$
- Transistor est en mode normal.



$$V_{CC}=10\text{V}, R_B=186\text{k}\Omega, R_C=1\text{k}\Omega, C=\infty \text{ et } \beta=100$$

Electronique II

C'est exactement ce que je viens de noter, mais avec des valeurs numériques. On a imposé un courant  $I_{C0}$  de 5 milliampères, vraiment c'est comme ça qu'on le dit. On vient de polariser un transistor bipolaire avec un courant constant égal à 5 milliampères qui va traverser notre transistor en permanence. Faites ce que vous voulez, dès que vous avez branché ces valeurs, alimentez ça, vous allez avoir ceci égal à 5 milliampères. Vous allez vous retrouver avec 5 milliampères divisés par le  $I_{B0}$  qui va vous donner une chose. Mais avant d'aller plus loin, nous devons à tout prix vérifier que la tension  $U_{CE}$  qui est levée de 0, de ce transistor, nous donne une valeur avec ce qu'on vient de calculer qui nous garantit que notre transistor n'est pas saturé. Pour qu'il soit bloqué, il ne pourrait pas être bloqué, il est en conduction parce qu'il a un courant qui le parcourt, mais je dois être sûr que ceci est strictement positif. Généralement, on le verra plus tard, on essaye de placer ça au milieu de la dynamique, c'est-à-dire que si on alimente avec une tension qu'on appelle le rail d'alimentation entre 0 et  $V_{CC}$ , nous devons essayer de placer ce potentiel à peu près au milieu de cette plage-là.

Notes

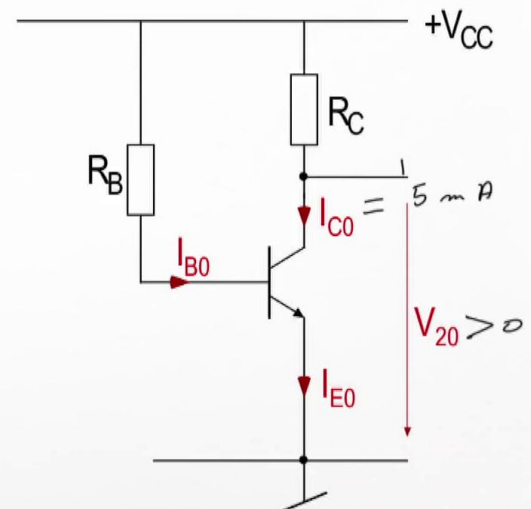
Summary



9m 20s

# Calcul du point de repos (DC)

- $I_{B0} = (V_{CC} - U_J)/R_B$
- $I_{C0} = \beta I_{B0} = \beta(V_{CC} - U_J)/R_B = 5 \text{ mA}$
- $V_{20} = V_{CC} - I_{C0} R_C = V_{CC} - \beta I_{B0} R_C = 5 \text{ V} = U_{CE0}$
- Transistor est en mode normal.



$$V_{CC}=10\text{V}, R_B=186\text{k}\Omega, R_C=1\text{k}\Omega, C=\infty \text{ et } \beta=100$$

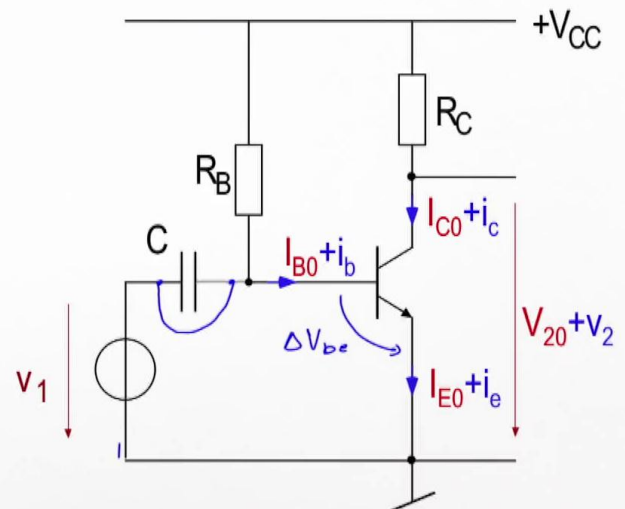
Electronique II

Pourquoi? Parce que cette tension va monter jusqu'à  $V_{CC}$ , elle va descendre jusqu'à 0. Si elle tape sur  $V_{CC}$ , le transistor va bloquer. Si ça tape vers le 0, le transistor est saturé. Quand  $V_{20}$  est égal à 0, et c'est ce qui va lui arriver parce que n'oubliez pas, quand on va mettre une variation ici cette tension-là va bouger avec. Elle va monter au maximum à  $V_{CC}$ , elle va descendre au minimum jusqu'à 0. Ça va vous donner ce qu'on appellera plus tard la dynamique. Je crois que maintenant ce n'est pas le moment d'en parler, ce qui est le plus important pour moi, c'est de trouver que  $U_{CE}$  de ce transistor au repos, donc le  $U_{CE0}$  qui est le  $V_{20}$ , est égal à 5 volts. Donc, 5 volts n'est pas égal à 0, donc notre transistor n'est pas saturé. Très bien. Notre transistor n'est en effet ni bloqué ni saturé, je peux mettre mon transistor en mode normal. C'est une vérification indispensable pour être sûr que ce que je suis en train de faire avec mon circuit plus tard donnerait lieu à un circuit qui va permettre à la tension d'entrée et à la tension de sortie, en l'occurrence que la variation du courant de sortie, soit linéaire.

Notes

Summary





$$V_{CC}=10V, R_B=186k\Omega, R_C=1k\Omega, C=\infty \text{ et } \beta=100$$

Electronique II

Je reprends maintenant mon schéma une fois que j'ai ajouté la capacité  $C$  qui est là pour coupler la composante AC qui est ici. Je m'intéresse bien à cette composante AC qui va être engendrée par cette source AC qui a été ajoutée ici. Mais bien sûr, cette composante AC vient se superposer à la composante DC qu'on vient de calculer juste avant. Avant d'arriver ici, j'ai calculé le  $I_{C0}$ ,  $I_{B0}$ ,  $I_{E0}$  et le  $V_{20}$ . Maintenant, je viens de brancher ma source et je demande à ma capacité de créer un court-circuit et de coupler toutes les variations qui viennent de ce noeud-là vers ce noeud-là pour ramener la variation engendrée par cette source ici vers la tension  $V_{BE}$ , qui est bien sûr un  $\Delta V_{BE}$  ou un  $V_{BE}$  minuscule qui décrit la variation de ce  $V_{BE}$ . Toute variation de cette tension-là va engendrer une variation de ce courant-là à travers l'effet transistor, donc à travers la transconductance qu'on avait vue avant. Toutes les variations de cette tension-là vont engendrer un courant qui passe ici qui est le courant de base. Je vais pouvoir enlever mon transistor et uniquement observer en AC ce qui se passe avec ce circuit.

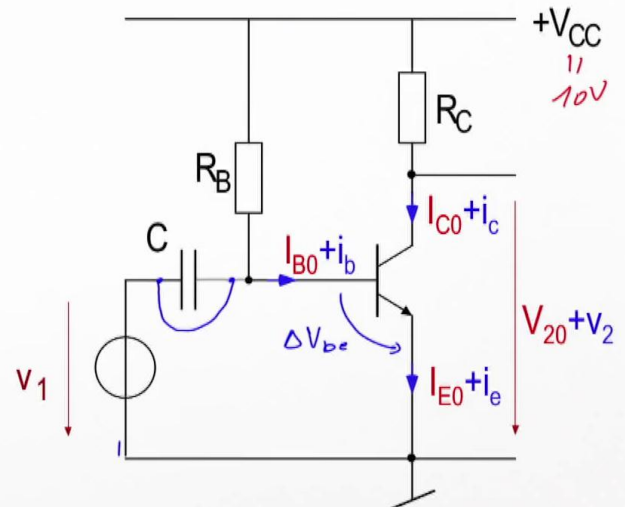
Notes

Summary

11m 51s



$$\frac{dV_{CC}}{dI} = 0$$



$$V_{CC}=10V, R_B=186k\Omega, R_C=1k\Omega, C=\infty \text{ et } \beta=100$$

Electronique II

Le plus important dans ce modèle, c'est que c'est un modèle qui est basé sur le fait que j'ai dérivé la loi non linéaire de mon transistor pour la remplacer par ce modèle petits signaux qu'on avait fait avant. On a dit que toute variation de  $\Delta V_{BE}$  va me donner un courant qui est proportionnel à  $(GM \times \Delta V_{BE})$ . Pareil pour l'impédance que je vois ici, c'est une sorte de résistance, il y a là  $1/G_{BE}$ , qui est proportionnelle à une variation de tension:  $\Delta V_{BE} = 1/G_{BE} \times I_B$ . Si j'ai appliqué ça au transistor et je voudrais ôter de ce schéma mon transistor et le remplacer par son modèle qui est représenté par une résistance, une source de courant commandée, je dois le faire pour tout le reste de mon circuit. Et pour tout le reste de mon circuit, j'ai une tension ici constante. Une tension constante  $V_{CC}$ , c'est égal à 10 volts, il reste constant. Vous pouvez tirer ce que vous souhaitez comme courant de cette source, ça n'a aucune valeur sur la tension d'alimentation de 10 volts. Si vous cherchez quelle est la dérivée de cette tension  $DV_{CC}$  divisée par la variation du courant, eh bien il n'y a rien qui varie, ça vous donne un 0. Cette source de tension n'est rien d'autre qu'un court-circuit parce qu'une impédance nulle vous donne un court-circuit entre ce nœud et ce nœud-là.

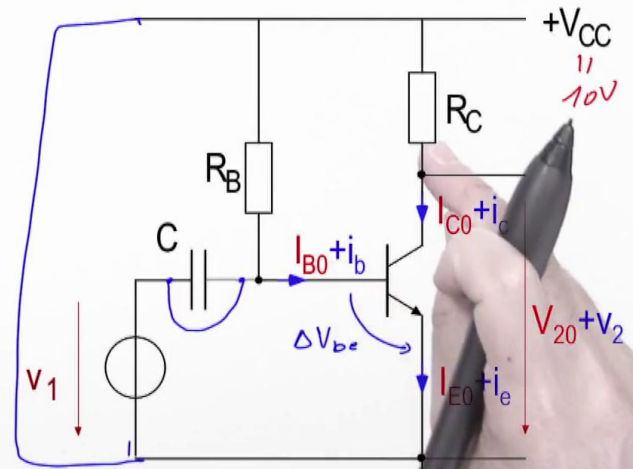
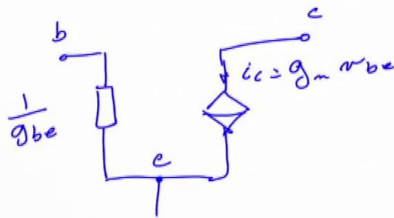
Notes

Summary

13m 11s



$$\frac{dV_{CC}}{dI} = 0$$



$$V_{CC}=10V, R_B=186k\Omega, R_C=1k\Omega, C=\infty \text{ et } \beta=100$$

Electronique II

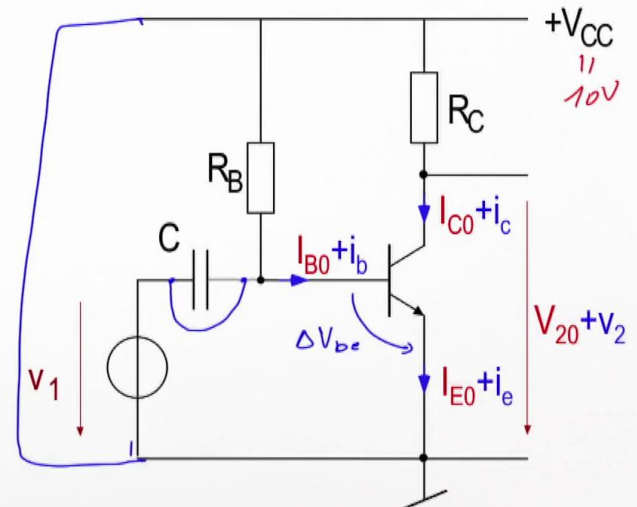
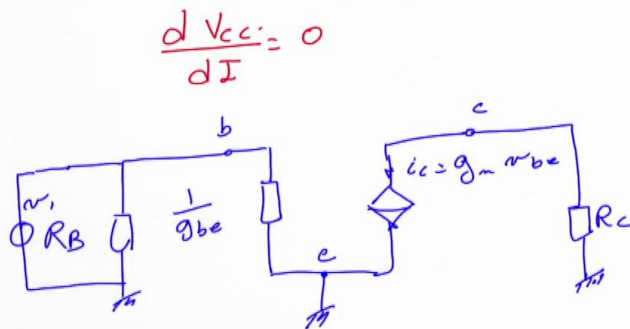
Et c'est ça qui va nous permettre de prendre tout le schéma et de dire: comme une source de tension est constante, la dérivée par rapport au courant ne varie pas. Donc, ce nœud-là, c'est la même chose que ça dans le schéma que je vais dessiner. La capacité est un court-circuit parce que sa valeur est infinie. Donc, son impédance est nulle. Le transistor, je l'enlève et je remplace le transistor par le modèle qu'on avait vu avant. Les résistances restent telles qu'elles sont. Donc, un DU/DI donne une résistance  $R_B$  et pareil ici. Ça y est, j'ai tout ce qu'il faut pour enlever ce schéma et le remplacer par un schéma où la source de tension devient, dans un modèle bien sûr AAC, un court-circuit à la masse. Je n'ai plus de variation ici. Le transistor, quand je le remplace, je dois le remplacer entre base et émetteur par la fameuse  $1/G_{BE}$ . On peut écrire  $G_{BE}$  ou  $1/G_{BE}$ , c'est à vous de savoir si vous parlez d'une résistance ou d'une conductance. À la sortie, vous avez une source de courant qui va vous donner un courant  $\Delta I_C$  où  $I_C = G_{Mx} V_{BE}$ . Et voilà, vous avez ici le transistor avec son modèle qui est base-émetteur-collecteur. Donc, ça, ça et ça. Et la résistance que vous avez ici va venir sur le collecteur de votre transistor.

Notes

Summary



14m 47s



$V_{CC}=10V$ ,  $R_B=186k\Omega$ ,  $R_C=1k\Omega$ ,  $C=\infty$  et  $\beta=100$

Electronique II

Ca, c'est la résistance  $R_C$ . J'aimerais bien voir l'émetteur. L'émetteur est connecté à la masse, très bien, il est relié à la masse. La résistance est connectée à  $+V_{CC}$ . Mais comme une source de tension constante, sa dérivée est nulle, je suis obligé de la remplacer par un court-circuit. C'est une résistance égale à 0. Une source de tension ne possède pas de résistance. La tension ne varie pas en fonction de la variation du courant, donc vous allez vous retrouver avec une résistance connectée aussi à la masse.  $R_B$  est aussi connectée à ce  $V_{CC}$ . Donc pareil,  $R_B$  va apparaître ici et vous allez brancher une capacité qui a un court-circuit à cause de ça et vous allez amener la source de tension en  $V_1$ , ici. Ça y est, vous êtes en train d'appliquer  $V_1$  entre base et émetteur, et c'est cette source-là qui doit avoir une valeur vraiment d'accroissement très faible, inférieure à  $U_T$ , et qui va commander la variation ici. Et vous avez toutes les composantes DC qui vont être le point de repos. Dès qu'il y a une variation, on part de ce point de repos et on va changer le courant de sortie par rapport à la variation de cette source de tension  $V_1$ . Et là, vous avez l'équivalent de ce qu'on vient de voir comme chez schéma complet avec un circuit.

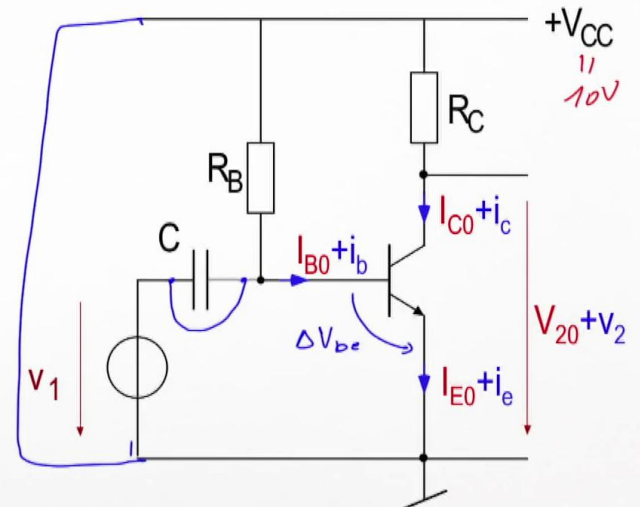
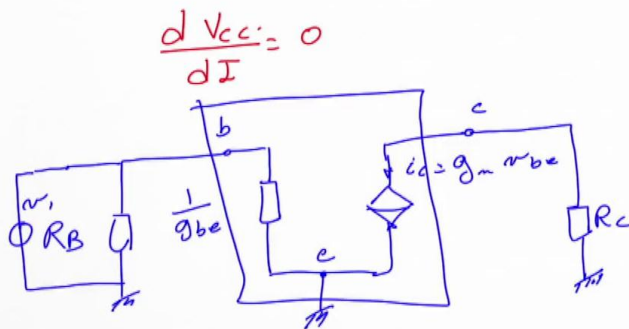
Notes

Summary





# Modèles petits signaux, Modèle AC



$V_{CC}=10V$ ,  $R_B=186k\Omega$ ,  $R_C=1k\Omega$ ,  $C=\infty$  et  $\beta=100$

Electronique II

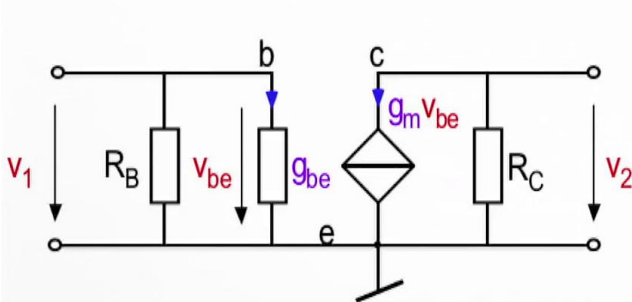
Quand on l'a modélisé en AC où les sources de tensions sont remplacées par des courts-circuits, notre transistor est remplacé par son modèle petit signaux et on se retrouve avec un schéma équivalent, qui est ceci.

Notes

Summary

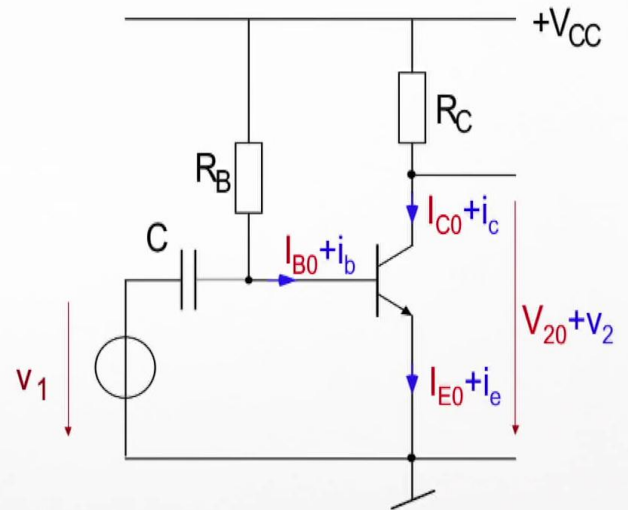


# Gain en tension



$$g_m = \frac{I_{C0}}{U_T}$$

$$g_{be} = \frac{g_m}{\beta}$$



$V_{CC}=10V$ ,  $R_B=186k\Omega$ ,  $R_C=1k\Omega$ ,  $C=\infty$  et  $\beta=100$

Electronique II

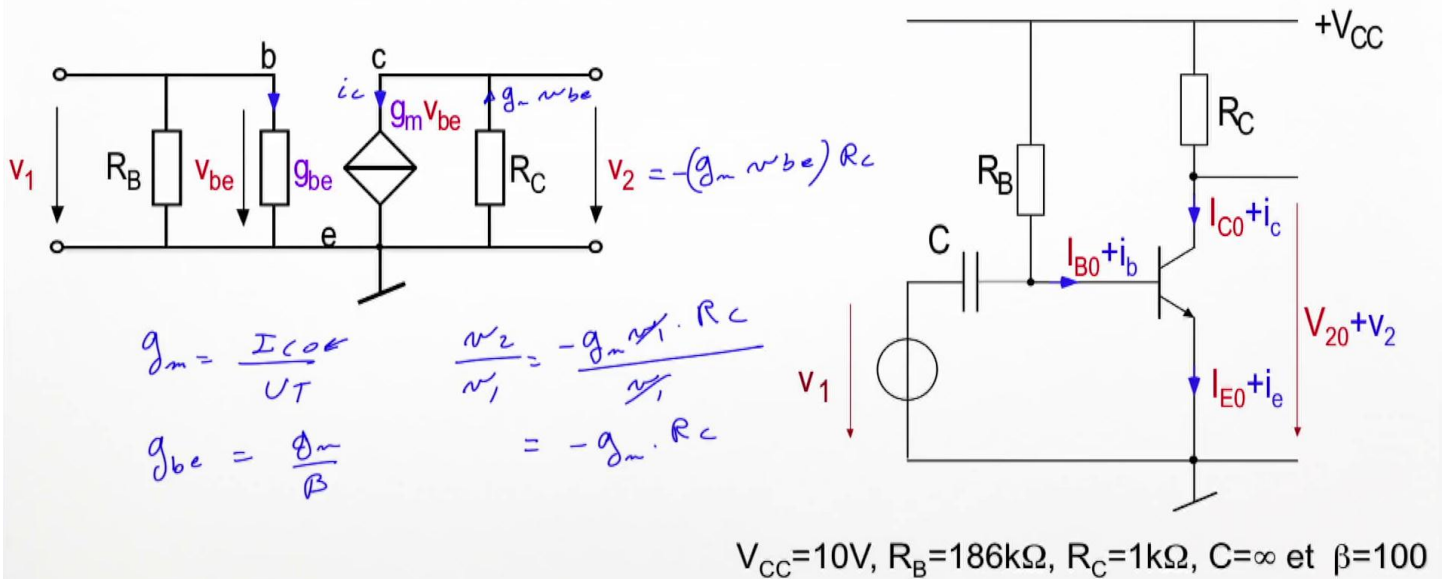
On peut regarder maintenant tout ceci un peu plus propre et représenter ce qu'on vient devoir avant: la résistance  $R_B$ , la résistance  $R_C$ , la source de courant commandé et la conductance à l'entrée, ou la résistance à l'entrée. Et voilà le transistor tel qu'on l'a vu. C'est extraordinaire, parce que nous avons un circuit entièrement linéaire. On oublie ça, nous ne voyons nulle part de composants contenus, pourquoi ? Parce qu'ils sont cachés dans  $G_M$  et  $G_{BE}$ . Si je veux écrire la valeur de  $G_M$ , j'aurais écrit  $G_m = I_{C0}/U_T$ . Si je veux regarder le courant, ou plutôt le  $G_{BE}$ , je n'ai qu'à écrire que c'est  $G_M/\beta$ . J'ai absolument la valeur de  $G_M$  et de  $G_{BE}$ , parce que  $I_{C0}$  divisé par  $\beta$  me donne le courant  $I_B$  et j'ai tout ce qu'il faut là-dedans, tout est connu. Du moment qu'on a calculé le  $I_{C0}$ , on a trouvé 5 milliampères, vous mettez ici cette valeur.  $U_T$  est connue, donc vous avez la valeur de  $G_M$  de transistor. Vous prenez le  $G_M$ , vous divisez par le  $\beta$ , vous trouvez la valeur de  $G_{BE}$  et vous remplacez ça par sa valeur, la résistance  $R_C$  est connue, la résistance  $R_B$  est connue et ça y est, vous avez une tension  $V_1$  et vous avez une tension  $V_2$ . Mais la tension  $V_2$  est très facile à écrire.

Notes

Summary



# Gain en tension



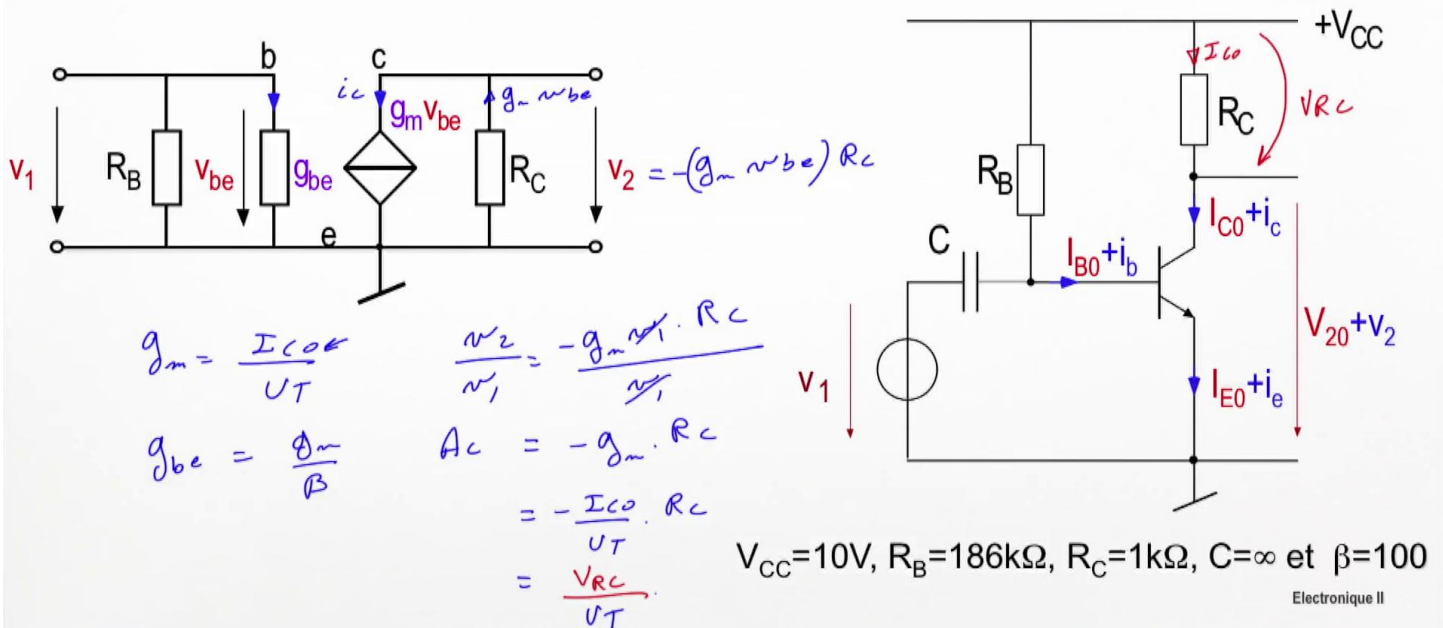
Cette tension  $V_2$ , c'est ce courant-là qui est le  $I_c$  minuscule qui est égal à  $GMV_{BE}$  qui passe dans ce sens-là. Ça, c'est bien le  $GMV_{BE}$  qui multiplie la résistance  $R_C$ . Donc,  $V_2 = -GMV_{BE}$ . C'est un courant qui passe dans une résistance. Ça va engendrer une tension par la loi de ohm qui multiplie la résistance  $R_C$ . Ça y est, la tension de sortie est directement proportionnelle à la variation de la tension d'entrée du  $V_1$  et du  $V_{BE}$  parce que  $V_{BE}$  et  $V_1$ , c'est la même chose, multiplié par le  $GM$  qui nous a donné ce courant. Le courant a été converti en tension par le passage dans une résistance, donc il devient une tension de sortie. Si maintenant vous souhaitez regarder ce qui se passe comme relation entre  $V_2$  et  $V_1$ , vous n'avez qu'à le faire.  $V_2/V_1$ , on appelle ça un gain en tension, c'est-à-dire qu'on a pris  $V_1$ , on l'a multiplié par quelque chose pour nous donner  $V_2$ . C'est quelque chose, c'est ce que je vais écrire ici. Le  $V_2$ , c'est le  $-GMV_1$ , qui est  $V_{BE}$ , la même chose, multiplié par  $R_C$  divisé par le  $V_1$  qui est là.  $V_1$  va se simplifier, ça me donne un gain égal à  $-GM \times R_C$ . Et voilà, vous venez de faire un gain en tension qui est à un signe moins pour dire qu'il y a une différence de phase.

Notes

Summary



# Gain en tension



Electronique II

Si vous appliquez une tension sinusoïdale à l'entrée, vous trouvez un déphasage de  $180^\circ$  par rapport à la tension que vous voyez à la sortie. Ça a été converti sur une tension  $V_2$  qui apparaît de là à là, ou de là à là, mais c'est la même chose. Pourquoi ? Parce qu'en mode AC, ces deux sont court-circuités. Vous vous rappelez que ça, ça vient ici, donc que vous regardez la variation ici, ou que vous la regardez là, ça revient au même parce que c'est la même tension  $V_2$ . Et c'est comme ça qu'on détermine ce qu'on appelle gain en tension et on vient de voir qu'on vient d'effectuer un amplificateur de tension: on lui applique une tension  $V_1$  et il nous donne une tension  $V_2$  et cette tension  $V_2$  est multipliée par ceci. On n'a qu'à calculer la valeur de ceci qui est  $(-I_{C0}/U_T \times R_C)$  et ici je vais écrire aussi  $I_{C0} \times R_C$ , ce n'est un rien d'autre que ça. Ça, c'est le  $I_{C0}$ . Et ça, c'est le  $R_C$  donc, la tension que vous voyez là, que je vais appeler  $V_{RC}$ , eh bien c'est la tension que j'écrirai même en rouge parce que c'est une composante continue, celle-ci, c'est  $V_{RC}/U_T$ , la tension thermodynamique. Donc, on voit qu'on a fait un gain qui va multiplier, qui va me donner la tension  $V_2$ .

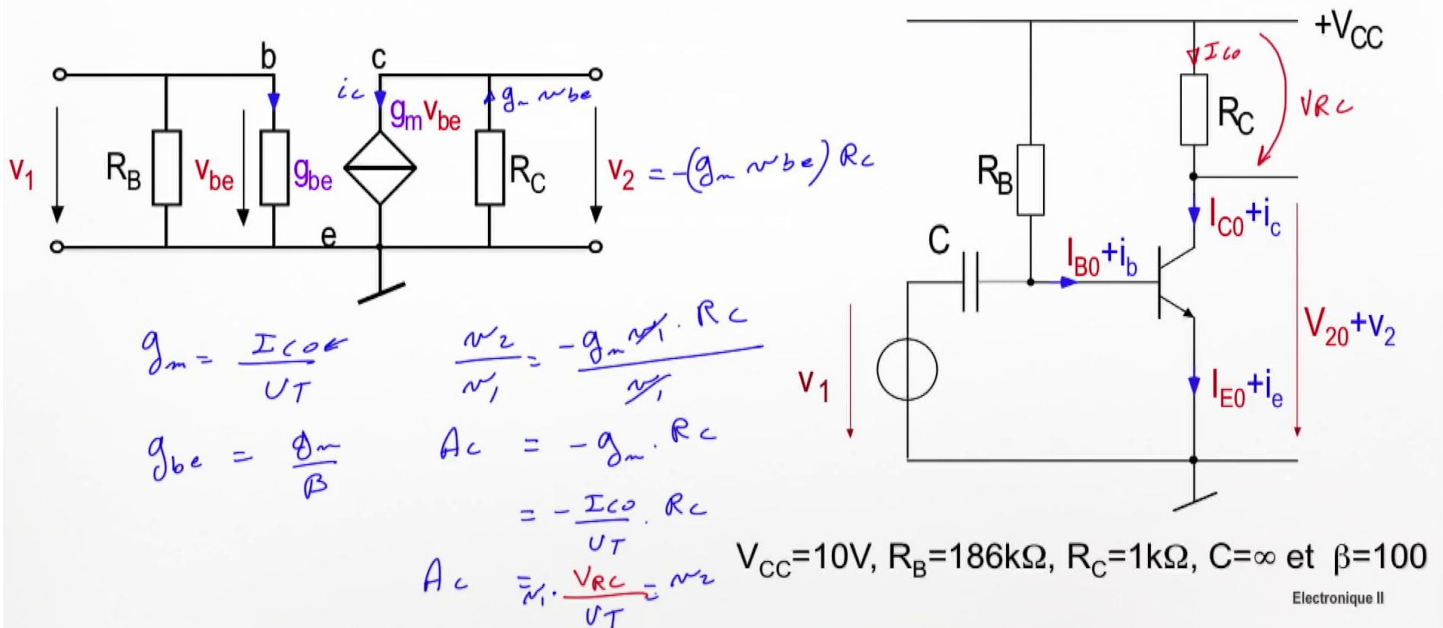
Notes

Summary



21m 35s

# Gain en tension



Quand je multiplie ça par  $V_1$  multiplié par la composante DC, que je vois ici, je la divise par la tension thermodynamique de 26 millivolts à température ambiante, ça me donne  $V_2$ . Regardez la puissance de la polarisation, c'est réellement ce  $I_{C0}$  qui a tout fait. Donc, le  $I_{C0}$  que vous avez imposé ici, la valeur de la résistance que vous avez choisie, la composante DC qu'on a choisie qui vaut 5 volts, vous vous rappelez, on l'a calculée. Ça, ça nous donne ce  $V_{RC} = 5$  volts, on avait trouvé que ça est égal à 5, là on a 10 volts donc, il va nous rester 5 volts ici. Ça, c'est 5 volts divisés par 26 millivolts, vous le multipliez par toute variation ici, vous le trouvez à la sortie. Alors c'est ça qui va nous permettre de faire ce qu'on appelle plus tard la fonction d'un émetteur commun avec un schéma de polarisation basé par une résistance de base qui a amené le courant  $I_{C0}$  à devenir fixe en imposant un courant  $I_{B0}$  à l'entrée.

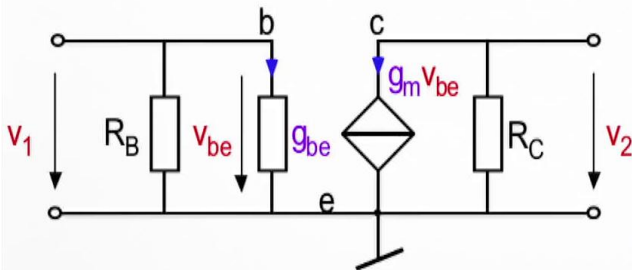
Notes

Summary

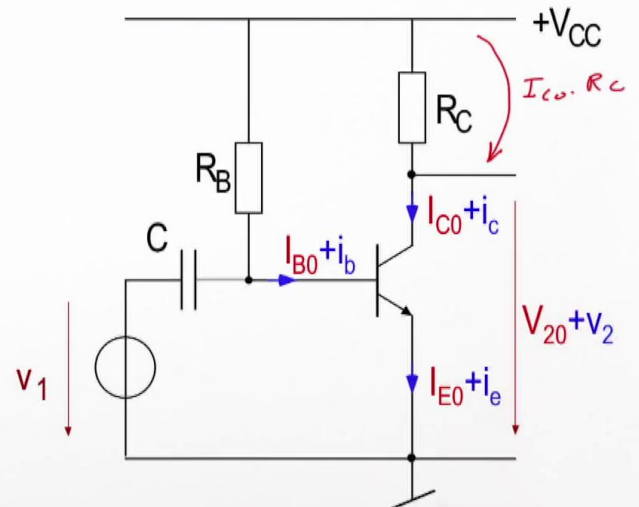


23m 01s

# Gain en tension



- $v_2 = -g_m R_C v_{be}$  avec  $v_{be} = v_1$
- $v_2 = -g_m R_C v_{be}$  et  $g_m = -I_{C0}/U_T = 129 \text{ mA/V}$
- $A_{v0} = v_2/v_1 = -g_m R_C = -I_{C0} R_C / U_T$
- $A_{v0} = -192$



$V_{CC} = 10\text{V}$ ,  $R_B = 186\text{k}\Omega$ ,  $R_C = 1\text{k}\Omega$ ,  $C = \infty$  et  $\beta = 100$

Electronique II

Voici le même schéma, un peu plus propre, écrit maintenant avec les valeurs qu'on a obtenues. La transconductance  $G_M$ , si je tiens compte des valeurs calculées, ça va me donner 126 milliampères par volt. Donc, j'ai une valeur numérique de ce  $G_M$ . Le gain, le même calcul que je vous ai montré donc, je vous rappelle c'est  $-G_M R_C$ . On avait vu et je le répète encore une deuxième fois, parce que ça, pour calculer, c'est beaucoup plus rapide à le voir: c'est que, dès que vous prenez un schéma comme ça et vous mettez une résistance, vous imposez un courant là-dedans, vous allez vous retrouver avec la chute de tension ici et cette chute de tension, c'est ce terme-là. Donc, ça, c'est  $I_{C0} \times R_C$ . Donc, on n'a pas encore appliqué quoi que ce soit, on a simplement imposé  $I_{C0}$  et on avait une résistance de charges  $R_C$  et on va trouver que ça, dans cette application, enfin dans cette application ou dans de n'importe quelle autre application, nous donne une valeur une fois divisée par  $U_T$ , ça nous donne directement le gain et on va trouver que le gain est 192 ou cent nonante-deux, si vous êtes en Suisse ou si vous êtes en France ou ailleurs, vous auriez peut-être dit 192.

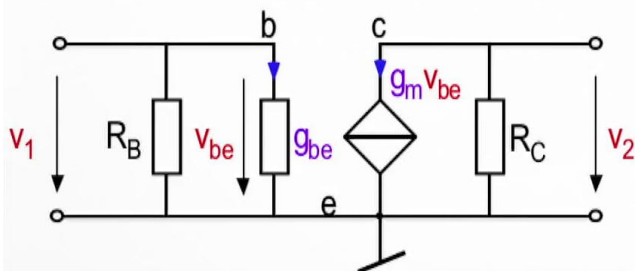
Notes

Summary

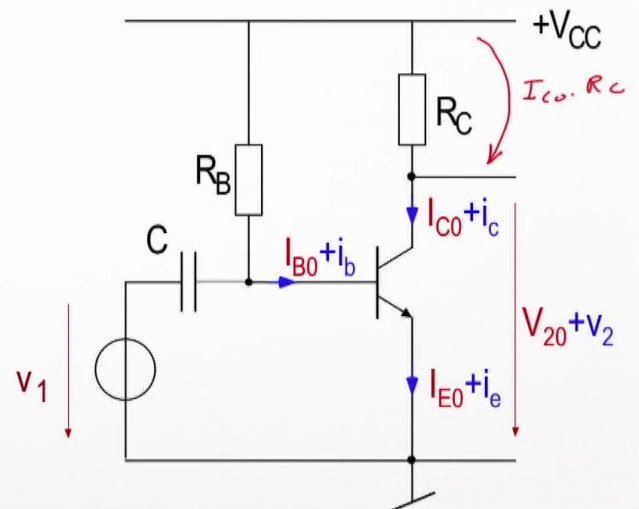


24m 02s

# Gain en tension



- $v_2 = -g_m R_C v_{be}$  avec  $v_{be} = v_1$
- $v_2 = -g_m R_C v_{be}$  et  $g_m = -I_{C0}/U_T = 129 \text{ mA/V}$
- $A_{v0} = v_2/v_1 = -g_m R_C = -I_{C0} R_C / U_T$
- $A_{v0} = -192 = \frac{v_2}{v_1}$



$V_{CC} = 10\text{V}$ ,  $R_B = 186\text{k}\Omega$ ,  $R_C = 1\text{k}\Omega$ ,  $C = \infty$  et  $\beta = 100$

Electronique II

Avec un signe moins devant, donc vous vous retrouvez avec un rapport entre la tension de sortie divisée par la tension d'entrée, que si vous multipliez  $V_1$  par un gain égal à 192, vous obtenez une tension de sortie qui est nettement supérieure à la tension d'entrée. C'est comme ça qu'on calcule le circuit et on remplace le transistor, on remplace les sources de tension. Tout ce qui est continu devient un court-circuit à la masse dans un schéma AC. Et le transistor prend le schéma linéaire qu'on a extrait, dans la première partie de ce cours.

Notes

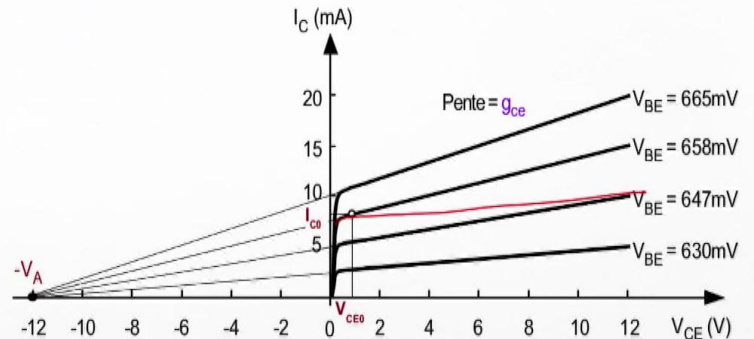
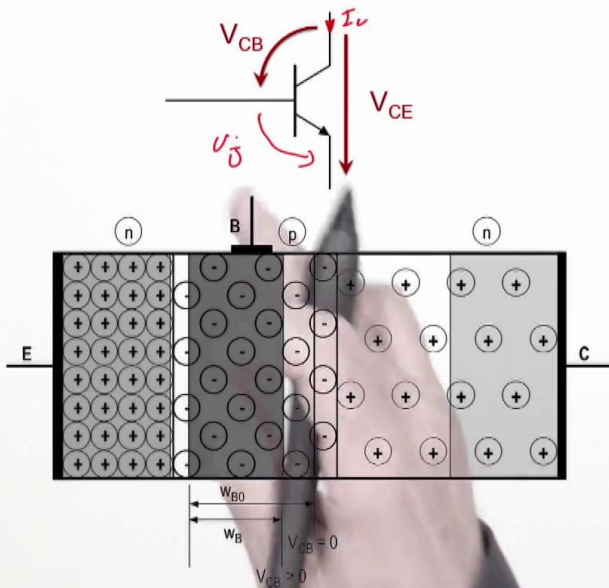
Summary



25m 18s



# Effet Early



$$g_{CE} = g_{ce} = \frac{I_{C0}}{V_A + V_{CE0}} \approx \frac{I_{C0}}{V_A} \quad (V_A = 50V \text{ à } 100V)$$

Electronique II

J'aimerais terminer cette vidéo avec des imperfections du transistor qu'on n'avait pas encore vues jusqu'à aujourd'hui. On a toujours considéré que le courant et la tension dans un transistor, donc, si vous souhaitez voir la variation de courant par rapport à la tension, on avait dit que c'est une source de courant qui est idéale, c'est comme si on avait la courbe qui était comme ça. Et malheureusement ce n'est pas le cas. Dans un transistor, il y a un phénomène qui se passe dans ce transistor qui fait en sorte que, vous vous souvenez quand on a présenté le transistor comme étant un sandwich dans lequel il y a, c'est un schéma juste synoptique pour montrer qu'il y a une base, il y a un collecteur et un émetteur et qu'on se retrouve entre les deux. Alors, il s'avère que quand le transistor vous polarisez la jonction collecteur-base et vous augmentez cette tension. Donc, en d'autres termes, plus vous augmentez la tension  $V_{CE}$ , plus la jonction ou la tension collecteur-base augmente avec. Pourquoi ? Parce que cette tension-là, elle est à peu près constante, elle ne bouge pas, elle est de l'ordre de  $U_T$ . Le  $V_{BE0}$ , dès que le transistor conduit, elle va vous donner une valeur  $V_{BE}$ , tension de jonction.

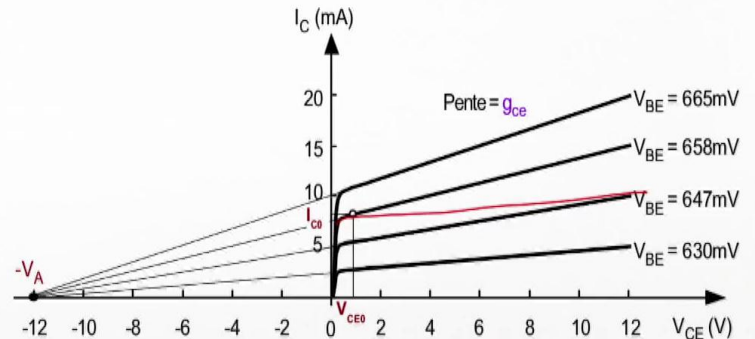
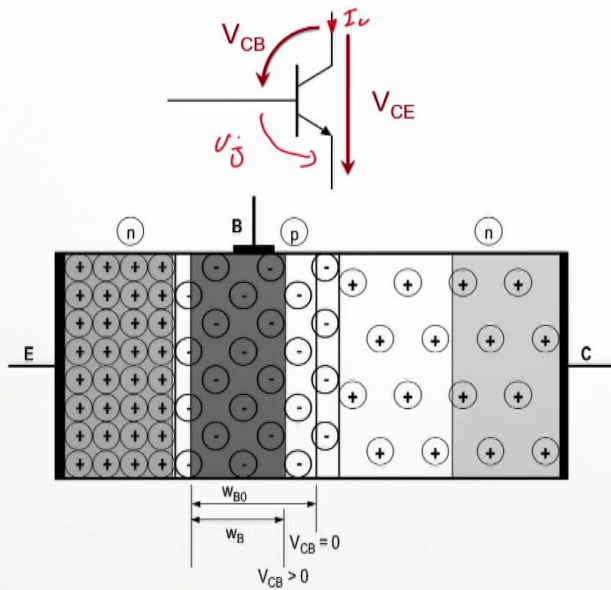
Notes

Summary



25m 53s

# Effet Early



$$g_{CE} = g_{ce} = \frac{I_{C0}}{V_A + V_{CE0}} \approx \frac{I_{C0}}{V_A} \quad (V_A = 50V \text{ à } 100V)$$

Electronique II

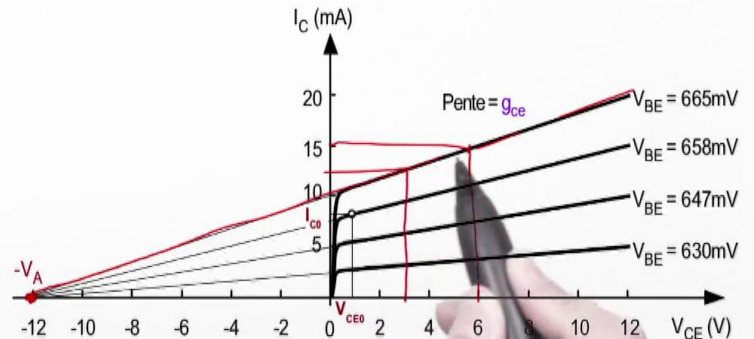
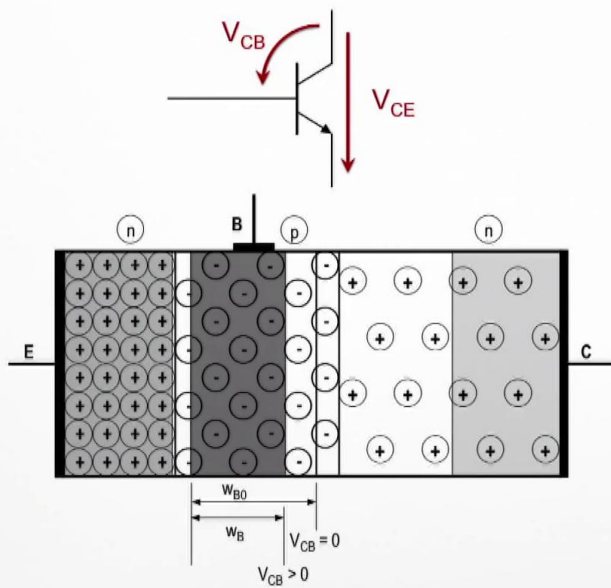
Donc, chaque fois que vous augmentez cette tension-là, étant donné que celle-ci était constante, donc celle-ci, elle augmente avec. Et quand vous l'augmentez comme ça, ce qu'il se passe, il y a une zone de dépression dans la jonction PN qui va augmenter avec, de ce côté-là. Alors, ça grignote une partie de la base et on parle de la partie active de la base, elle devient de plus en plus faible quand la tension collecteur-émetteur augmente avec. En réalité, ce qu'il se passe c'est, quand cette tension augmente, celle-ci augmente avec parce que celle-ci est égale à ça plus ça. Donc celle-ci augmente avec et quand celle-ci augmente, votre base devient de plus en plus petite. Quand la base devient de plus en plus petite comme zone active, la combinaison des électrons qui se fait dans la base ou des trous, ça dépend si vous avez un transistor NPN ou PNP, fait en sorte que le courant de base, il se réduit avec. Donc, le courant de collecteur, il va le suivre: s'il augmente, il augmente avec, ou s'il se réduit, il se réduit avec. Donc, ça vous amène à cette pente qu'on voit ici.

Notes

Summary



# Effet Early



$$g_{CE} = g_{ce} = \frac{I_{C0}}{V_A + V_{CE0}} \approx \frac{I_{C0}}{V_A} \quad (V_A = 50V \text{ à } 100V)$$

Electronique II

Donc, je vais effacer cette courbe rouge et vous pouvez voir maintenant que la caractéristique de sortie souffre d'une pente et toutes ces tensions, pardon, toutes ces pentes-là se rejoignent en une tension qu'on appelle la tension "Early". Et cette tension Early, on l'indique comme étant une tension  $V_A$ , elle est négative parce que, quand vous tirez cette droite-là, ça va se rejoindre en un point et quand on voit la pente de la droite ici. Et si vous prenez votre transistor, vous le polarisez en mettant un courant  $I_{C0}$  donné donc, supposez que vous mettez un courant  $I_{C0}$  est égal à six milliampères... pardon, excusez-moi. Si vous mettez un courant qui est là et vous mettez une tension  $V_{CE0}$  aux bornes de votre transistor, si la tension  $V_{CE0}$  baisse, vous allez vous retrouver avec un autre courant, et vice-versa. Ce qu'il va se passer, c'est que cette pente-là, elle va devoir modifier le comportement de votre transistor entre collecteur et émetteur. Si on regarde ce triangle-là. Donc, je vais essayer de dessiner au mieux. Donc, si je regarde ce triangle-là et que je regarde un courant de polarisation  $I_{C0}$   $V_{CE0}$  et je regarde ce qu'il se passe avec la tension  $V_{CE}$  quand la tension augmente, ou diminue, je vais me trouver avec comme un triangle semblable.

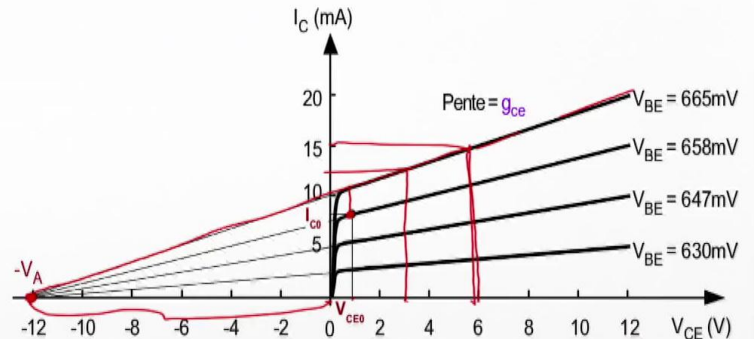
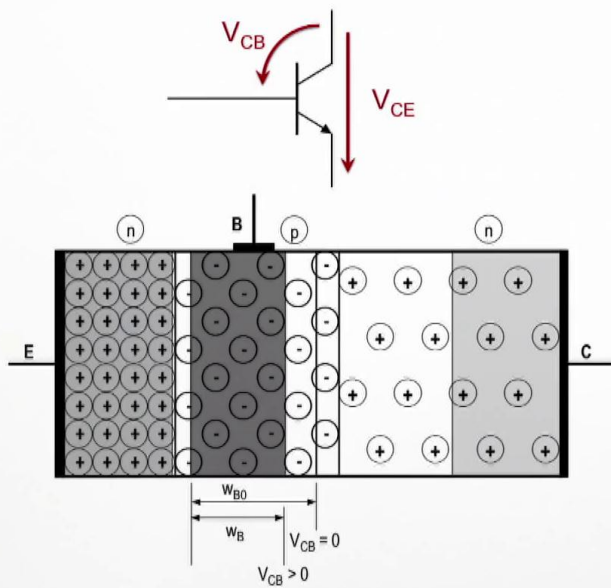
Notes

Summary



28m 18s

# Effet Early



$$g_{CE} = g_{ce} = \frac{I_{C0}}{V_A + V_{CE0}} \approx \frac{I_{C0}}{V_A} \quad (V_A = 50V \text{ à } 100V)$$

Electronique II

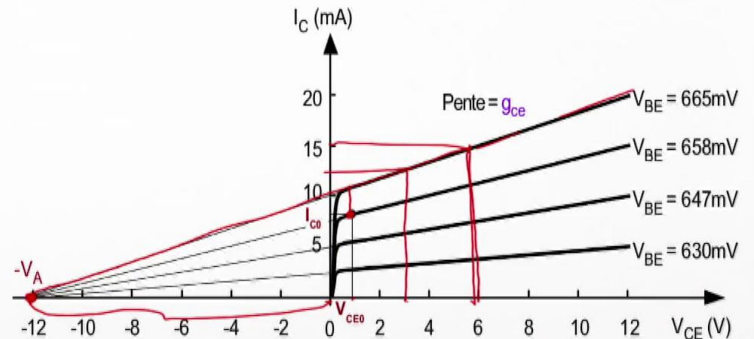
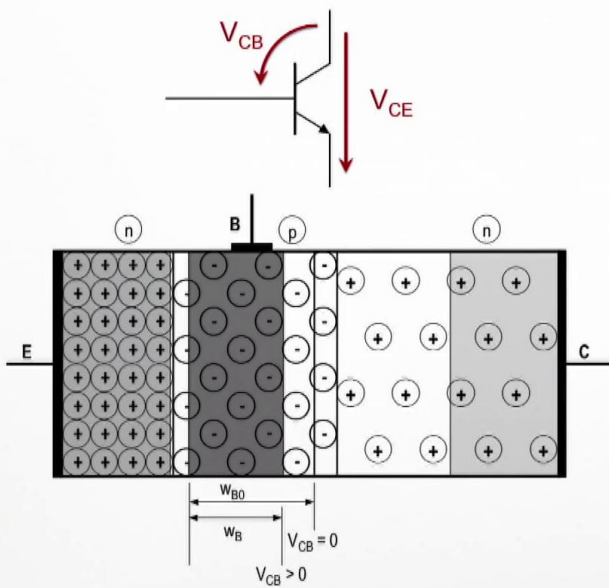
Ici, j'ai deux triangles qui sont semblables là, de là à là, j'ai  $V_A$ . De là, à là, je vais me trouver avec un  $V_{CE0}$ . Et de là, à là, j'ai le courant de polarisation original avant qu'il n'y ait un peu de dynamique aux bornes de mon transistor. Donc, je peux écrire que la pente que je vois ici, si je me place là, ou là, ou là, ça dépend de ce  $I_{C0}$  divisé par la tension d'Early qui est de là, à là, plus la tension de polarisation, que ce soit celle-ci, ou celle-ci, ou celle-ci. Donc, ça me donne:  $I_{C0}/V_A + I_{C0}$ . La tension  $V_A$  est assez élevée, l'alimentation que nous utilisons dans des transistors faible tension, ça varie peut-être entre 5-15 volts, voire 20 volts. Donc, quand on se compare à une tension d'une centaine de volts qui dépend de votre transistor, donc ça, c'est quelque chose qui se retrouve dans la caractéristique même du transistor, c'est quelque chose qu'on vous donne. Donc la tension d'Early, vous pouvez tenir compte de la tension d'Early et négliger la tension de polarisation que vous obtenez par rapport à cette tension d'Early, ce qui vous amène à une conductance de sortie qui va être une approximation de  $I_{C0}$  divisé par  $V_A$ . C'est comme ça qu'on le calcule.

Notes

Summary



# Effet Early



$$g_{CE} = g_{ce} = \frac{I_{C0}}{V_A + V_{CE0}} \approx \frac{I_{C0}}{V_A} \quad (V_A = 50V \text{ à } 100V)$$

Electronique II

Donc, de nouveau, on se retrouve avec le courant de polarisation  $I_{C0}$  divisé par une tension qu'on devrait vous donner, ou vous devez pouvoir le mesurer dans un transistor quand vous tracez sa caractéristique de sortie. Ce qu'on fait souvent: on mesure, on change la tension  $V_{CE0}$  et on regarde qu'est-ce qu'il se passe avec le courant  $I_{C0}$  et on extrapole la pente et ça nous permet de calculer la tension  $V_A$  quand on tire cette droite jusqu'à ce qu'on tombe sur un courant  $I_C=0$  donc, on peut trouver la tension  $V_A$ , sinon les fabricants vous la donnent. Et on retrouve que c'est surtout le courant de polarisation et une valeur donnée par le fabricant, qui est déterminée par vos composants. Donc de nouveau, c'est vous qui allez décider et c'est à cause de votre courant de polarisation qui va vous donner une conductance de sortie ou une résistance de sortie.

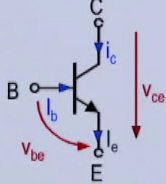
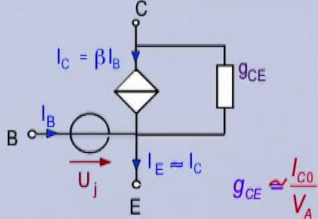
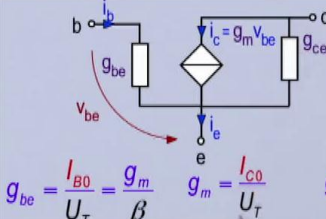
Notes

Summary





# Modèles grands signaux et petits signaux

Transistor	Schéma équivalent grands signaux (DC)	Schéma équivalent petits signaux (AC)
	 $I_c = \beta I_b$ $g_{CE} \approx \frac{I_{C0}}{V_A}$	 $g_{be} = \frac{I_{B0}}{U_T} = \frac{g_m}{\beta}$ $g_m = \frac{I_{C0}}{U_T}$ $g_{ce} = \frac{I_{C0}}{V_A}$

Electronique II

On va modifier maintenant le modèle de notre transistor tenant compte de ce qu'on vient d'observer. Donc, il y a une imperfection supplémentaire. Vous vous souvenez quand on a analysé les schémas à grands signaux, on a parlé du modèle DC du transistor? On a dit un transistor peut être remplacé par une source de courant commandé, quand on travaille en DC, on remplace la tension base-émetteur par une chute de tension de l'ordre de  $U_j$ , on remplace le courant de collecteur par un  $\beta$  du transistor donné par un fabricant multiplié par le courant de polarisation de base, qui nous donne le  $I_{C0}$ . Et, il y a une conductance de sortie qu'on appelle multiplié par le courant de polarisation de base, qui nous donne le  $I_{C0}$ . Et, il y a une conductance de sortie qu'on appelle  $G_{CE}$ , qui est  $I_{C0}$  sur  $V_A$ . Là, j'aurais dû même mettre approximativement égal, parce qu'on vient de voir qu'on a négligé la tension  $U_{CE0}$ . Le modèle petits signaux qu'on vient de dériver de ce transistor est ceci. Et, dans ce modèle petits signaux, il faut ajouter la conductance de sortie qui viendrait s'ajouter. Donc, tout à l'heure, on n'avait pas ça, on se contentait de dire: le transistor, il se comporte comme une résistance égale  $1/G_{BE}$  entre base et émetteur et une source de courant commandée.

Notes

Summary

32m 02s



# Modèles grands signaux et petits signaux

Transistor	Schéma équivalent grands signaux (DC)	Schéma équivalent petits signaux (AC)
	$I_C = \beta I_B$ $g_{CE} = \frac{I_{C0}}{V_A}$	$g_{be} = \frac{I_{B0}}{U_T} = \frac{g_m}{\beta}$ $g_m = \frac{I_{C0}}{U_T}$ $g_{ce} = \frac{I_{C0}}{V_A}$
	$I_C = \beta I_B$ $g_{EC} = \frac{I_{C0}}{V_A}$	$g_{be} = \frac{I_{B0}}{U_T} = \frac{g_m}{\beta}$ $g_m = \frac{I_{C0}}{U_T}$ $g_{ec} = \frac{I_{C0}}{V_A}$

$$V_A \gg \beta U_T \gg U_T \rightarrow \frac{V_A}{I_0} \gg \frac{\beta U_T}{I_0} \gg \frac{U_T}{I_0} \rightarrow \frac{1}{g_{ce}} \gg \frac{1}{g_{be}} \gg \frac{1}{g_m}$$

Electronique II

Là, je suis obligé de tenir compte de la résistance de sortie qui apparaît, qui est  $1/G_{CE}$  et je dois ajouter la valeur de  $1/G_{CE}$ . Voilà, je me retrouve avec les valeurs qu'on avait calculées et j'ai ajouté le  $G_{CE}$ . Donc, regardez bien :  $I_{C0}$ ,  $I_{C0}/\beta$ , qui est  $I_{B0}$  et  $I_{C0}$ . Donc, tout est lié à ce choix de ce courant de polarisation  $I_{C0}$ . Dès que vous avez fixé ça, vous pouvez calculer  $G_{CE}$ , vous pouvez calculer  $G_m$  et vous pouvez calculer  $G_m$   $G_{BE}$  et ça vous donnerait tout ce modèle avec des valeurs numériques qui est proportionnelle à votre  $I_{C0}$ , pourquoi ? Parce que le  $V_A$ , c'est donné par un fabricant.  $U_T$ , c'est 26 millivolts.  $\beta$ , c'est donné par le fabricant de votre transistor, tout est connu et c'est à vous de faire le  $I_{C0}$ . Donc, c'est la tâche la plus importante d'un concepteur quand il polarise son transistor, quelle est la valeur de  $I_{C0}$  qu'il mettrait dans son transistor. Donc, il vient de ce modèle-là. Quand on calcule  $I_{C0}$ , c'est quand on est en mode DC et c'est ça qui va nous donner cette valeur qu'on propage ici et tout de suite, on a les différentes valeurs. Là, c'est le schéma de NPN et de PNP. Donc là, il n'y a absolument aucune différence entre ça et ça.

Notes

Summary





# Modèles grands signaux et petits signaux

Transistor	Schéma équivalent grands signaux (DC)	Schéma équivalent petits signaux (AC)
	$I_C = \beta I_B$ $g_{CE} = \frac{I_{C0}}{V_A}$	$g_{be} = \frac{I_{B0}}{U_T} = \frac{g_m}{\beta}$ $g_m = \frac{I_{C0}}{U_T}$ $g_{ce} = \frac{I_{C0}}{V_A}$
	$I_E = I_C$ $I_C = \beta I_B$ $g_{EC} = \frac{I_{C0}}{V_A}$	$g_{be} = \frac{I_{B0}}{U_T} = \frac{g_m}{\beta}$ $g_m = \frac{I_{C0}}{U_T}$ $g_{ce} = \frac{I_{C0}}{V_A}$

$$\boxed{V_A} \gg \beta U_T \gg U_T \rightarrow \frac{V_A}{I_0} \gg \frac{\beta U_T}{I_0} \gg \frac{U_T}{I_0} \rightarrow \frac{1}{g_{ce}} \gg \frac{1}{g_{be}} \gg \frac{1}{g_m}$$

Electronique II

Il y a vraiment les mêmes expressions qui se trouvent ici. J'ai noté dessous des conditions et j'aimerais bien insister là-dessus. Si vous regardez que  $G_{BE} = I_{C0}/\beta U_T$ , en d'autres termes,  $G_M/\beta$ .  $G_M$ , c'est  $I_{C0}/U_T$ .  $G_{CE}$ , c'est  $I_{C0}/V_A$ . On avait dit  $V_A$  est connu,  $\beta$  est connu,  $U_T$  est connu. Donc, toutes ces choses sont connues.  $V_A$ , on lui a attribué des valeurs où, dans la pratique, on sait que c'est quelque chose qui est entre 50 et 100, voire 120, voire plus.  $\beta$ , pour un transistor faible puissance, ou plutôt faible tension et faible puissance, est de l'ordre de 100 à 300.  $U_T$ , c'est de l'ordre de 26 millivolts à température ambiante. Donc, cette relation tient tout à fait la route.  $U_T$ , c'est 26 millivolts, elle est nettement inférieure à peut-être 100 fois cette valeur, elle est nettement inférieure à quelque chose. N'oubliez pas que c'est 26 millivolts ici multipliés par 100, ça reste nettement inférieur à une centaine de volts. Donc, si vous regardez cette relation qui est là et vous essayez maintenant d'écrire  $1/G_{CE}$ ,  $1/G_{BE}$ ,  $1/G_M$ , vous allez vous retrouver avec ça:  $1/G_{CE}$ , c'est  $V_A/I_0$ , ça, c'est une résistance. Ça, c'est une résistance. Ça, c'est aussi l'unité va vous donner comme une résistance  $1/G_M$ , en termes d'unité.

Notes

Summary



# Modèles grands signaux et petits signaux

Transistor	Schéma équivalent grands signaux (DC)	Schéma équivalent petits signaux (AC)

$$V_A \gg \beta U_T \gg U_T \rightarrow \frac{V_A}{I_0} \gg \frac{\beta U_T}{I_0} \gg \frac{U_T}{I_0} \rightarrow \frac{1}{g_{ce}} \gg \frac{1}{g_{be}} \gg \frac{1}{g_m}$$

Electronique II

Donc, vous allez dire:  $I_0$ ,  $I_0$ ,  $I_0$ , ils divisent tout ça. Donc, vous pouvez très bien dire:  $V_A$  est bien plus que  $\beta U_T$ , ce qu'on vient de tirer là et cette relation, elle est valable. Donc, ça, ça nous amène à cette réflexion: elle va être en or cette relation quand on passe à la pratique. Parce que vous verrez plus tard que ça, c'est ce qui va nous permettre des impédances, de voir des impédances aux accès de nos montages et on est en train de découvrir que  $1/G_{CE}$ , c'est beaucoup plus grand que  $1/G_{BE}$ , c'est beaucoup plus grand que  $1/G_M$ , et c'est un fait, c'est une réalité, ça! Et plus tard, nos montages, ils vont se baser sur une réflexion, sur cette inégalité où un concepteur doit savoir que le plus faible est toujours  $1/G_M$  et le plus élevé, c'est toujours  $1/G_{CE}$ . Et c'est avec cette décision, le  $1/G_{BE}$ , il est entre les deux. Mais, ça, c'est une résistance élevée. Ca, c'est une résistance faible en valeur et ça, c'est une résistance qui entre les deux. Et c'est ce qui va déterminer, lors de la conception, quel montage utilisé et nous verrons ça en détail plus tard.

Notes

Summary

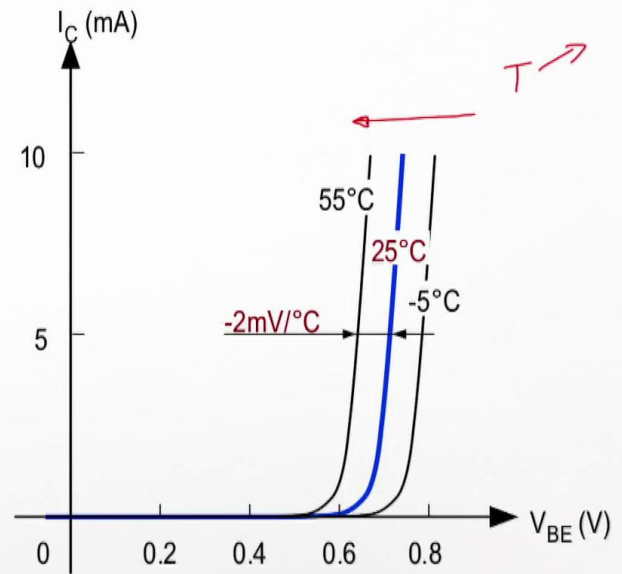


# Comportement en température

$$\frac{\Delta V_{BE}}{\Delta T} = -2\text{mV}/^\circ\text{C pour } I_C \text{ fixe}$$

$$\frac{\Delta I_C / I_C}{\Delta T} = 8\% / ^\circ\text{C pour } V_{BE} \text{ fixe}$$

$\beta$  augmente d'environ  $0.8\% / ^\circ\text{C}$  à  $1.5\% / ^\circ\text{C}$



Electronique II

Une des imperfections de transistor aussi, c'est sa dépendance de la température. Je reprends la loi exponentielle de transistor  $I_{C2VBE}$ . Malheureusement, je dis bien malheureusement, cette caractéristique-là se déplace dans ce sens-là. Donc, elle se déplace comme ça, lorsque la température augmente. Donc, quand je suis à  $-5^\circ$ , je suis avec une caractéristique qui est ici. Il commence à chauffer, à faire plus chaud. Le transistor est dans une condition d'utilisation qui le fait chauffer, ou il est dans une ambiance chaude, à l'intérieur ou tout près d'un moteur d'une voiture: on démarre à froid, il fait  $-5^\circ$  à un moment donné et le moteur commence à chauffer, après il continue à chauffer et malheureusement, il est en train de muter, sa caractéristique se déplace dans ce sens-là quand la température augmente. Ceci, il va nous amener à un drift en température, un changement de température  $\Delta V_{BE}/\Delta T$ ,  $\Delta T$  de  $-2$  millivolts par degré centigrade, qui est une valeur assez bien maîtrisée, assez correcte, qu'on utilise même pour faire un thermomètre en mesurant une différence de température, en mesurant la variation de la tension  $\Delta V_{BE}$ . Pareil pour le  $\beta$ , le  $\beta$  du transistor varie avec la variation de la température.

Notes

Summary

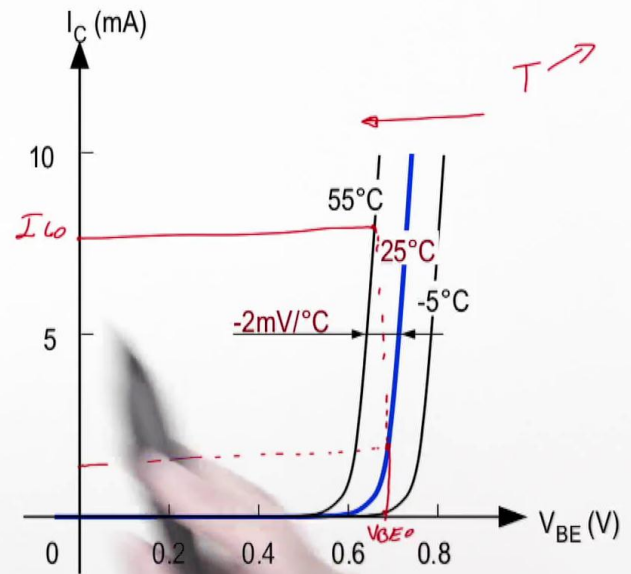


# Comportement en température

$$\frac{\Delta V_{BE}}{\Delta T} = -2 \text{ mV} / ^\circ \text{C pour } I_C \text{ fixe}$$

$$\frac{\Delta I_C / I_C}{\Delta T} = 8\% / ^\circ \text{C pour } V_{BE} \text{ fixe}$$

$\beta$  augmente d'environ 0.8% / °C à 1.5% / °C



Electronique II

C'est de l'ordre de 0,8 % à 1,5 % avec la température. J'aimerais bien insister sur ça: il est exclu de considérer plus tard, à cause de ce drift de température qui fait déplacer la température comme ça, que nous allons un jour imposer à un transistor une tension  $V_{BE}$  constante. Parce que, si vous appliquez un  $V_{BE}$  constant sur cette courbe-là, regardez votre transistor, s'il fait froid, il se retrouve dans une condition où il fait  $-5$  degrés, il est presque bloqué. Il n'y a pas de courant qui le parcourt. Le même transistor, si vous voulez imposer une tension  $V_{BE0}$  et qui va lui imposer un courant  $I_{C0}$ , qui est ici. Si vous l'imposez à une température de  $25^\circ$ , il va vous donner un courant  $I_{C0}$  qui est là. Si, tout d'un coup, le transistor chauffe par une condition externe, tout d'un coup, le courant qui le parcourt augmente. Vous verrez, plus tard, que la puissance dissipée dans votre transistor, elle est proportionnelle à ce courant-là, multiplié par le  $V_{CE}$ . Donc, si vous voulez multiplier ce  $I_{C0}$  qui vient d'augmenter, pas à cause de vous, ni à cause de votre montage, c'est à cause de cette caractéristique de transistor qui s'est déplacé: il est à  $5,55^\circ$ , il a chauffé encore un peu plus, cette courbe, elle va continuer à diminuer, à se déplacer dans ce sens-là.

Notes

Summary

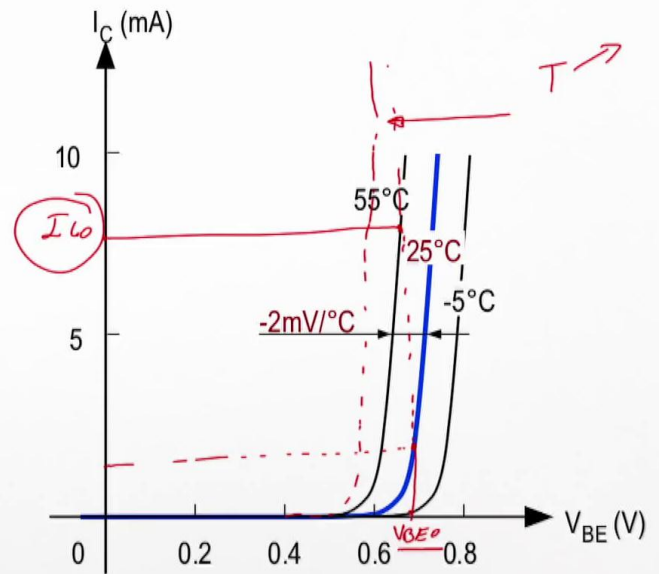


# Comportement en température

$$\frac{\Delta V_{BE}}{\Delta T} = -2\text{mV}/^{\circ}\text{C pour } I_C \text{ fixe}$$

$$\frac{\Delta I_C}{I_C} = 8\%/^{\circ}\text{C pour } V_{BE} \text{ fixe}$$

$\beta$  augmente d'environ  $0.8\%/^{\circ}\text{C}$  à  $1.5\%/^{\circ}\text{C}$



Electronique II

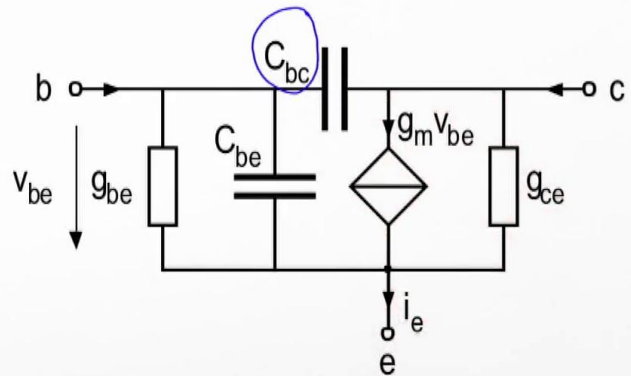
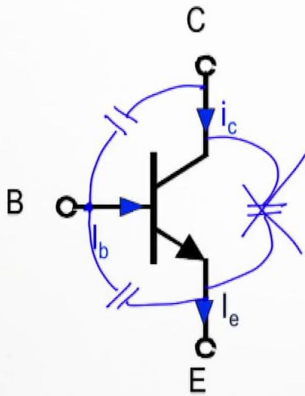
Et pareil pour le courant qui va augmenter dans votre transistor. Donc, plus la caractéristique se déplace, plus le courant augmente, plus la puissance dissipée augmente et votre transistor s'emballe. Donc, il va chauffer, il va chauffer lui-même à cause de cet effet-là. Donc, il est absolument exclu de venir un jour jouer avec le  $V_{BE0}$  en l'imposant. Généralement, on impose le courant  $I_{C0}$ , mais on aura le temps d'aller voir ça, en détail, plus tard.

Notes

Summary



# Effets hautes fréquences



Electronique II

Et pour finir cette vidéo, j'aimerais montrer une deuxième imperfection, ou une troisième imperfection de transistor due au fait que votre transistor, jusqu'aujourd'hui, on l'a montré comme s'il n'y a pas de capacité. Ce n'est pas vrai: votre transistor possède une capacité parasite. Elle n'est pas visible, elle fait partie du transistor, de la jonction même, du boîtier et d'autres choses qui vont lui imposer une capacité entre base et collecteur. Pareil, il y en a une entre base et émetteur. Pareil, il y en a une entre collecteur et émetteur. Donc, entre les trois ping des transistors, il y a un composant parasite de nature capacitive qui vient s'ajouter. Je n'ai pas ajouté dans le schéma petit signaux cette capacité-là, parce que c'est une des plus faibles. On peut la provoquer si on fait un circuit pas bien fait et on passe deux fils du collecteur et l'émetteur et on crée une capacité parasite. J'aurais dû l'ajouter là, mais je ne l'ai pas ajouté comparé aux deux autres. J'ai ajouté celle de base-émetteur, j'ai ajouté celle de base-collecteur. Vous verrez plus tard, la plus dangereuse, c'est celle-ci. La capacité base-collecteur, elle relie souvent l'entrée à la sortie.

Notes

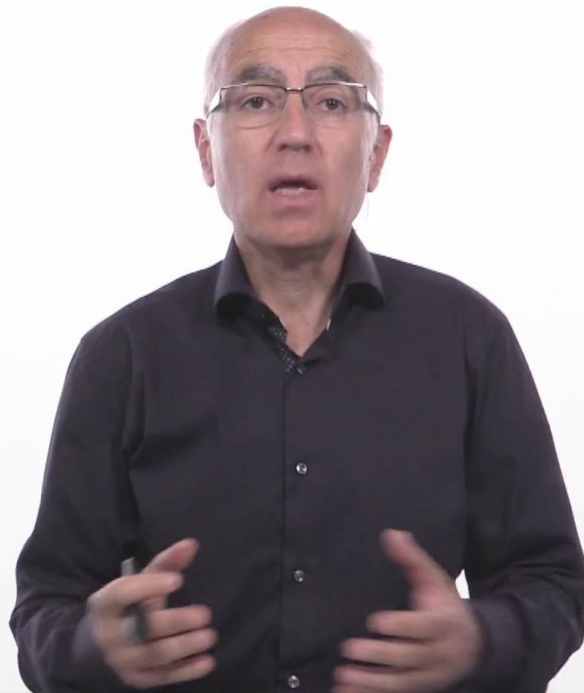
Summary

41m 02s





# Conclusions



Electronique II

Donc, votre signal, qui est censé changer une tension pour engendrer un courant, peut passer par cette capacité directement à la sortie et ça va nous créer ce qu'on appelle en jargon de contrôle, un 0 de fonction transfert donc, un court-circuit entre entrée et la sortie via cette capacité. J'aimerais simplement mentionner ça pour finir avec ce phénomène de couplage capacitive qui peut se créer par des capacités parasites qui sont liées aux composants et à l'encapsulation de votre device, ou parfois à la façon de connecter ceci dans un circuit. Pour conclure, avec ce qu'on vient de voir, on vient de mettre le transistor dans un schéma. On vient de voir qu'on commence par le polariser avec un courant constant et que c'est grâce à ce courant constant qu'on va pouvoir calculer tous les paramètres petits signaux de votre transistor et que vous pouvez remplacer votre transistor par le fameux schéma petits signaux, ce qu'on appelle le schéma AC. Et je vous rappelle que, dès qu'on parle d'un schéma AC, tout ce qui est source de tension constante se transforme en court-circuit, c'est comme une résistance nulle. Et je n'ai pas mentionné tout ce qui est source de courant.

Notes

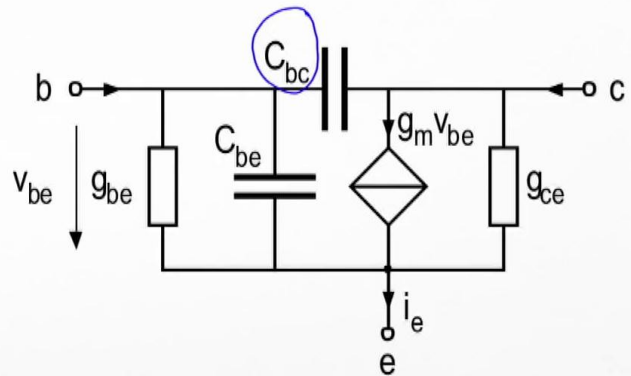
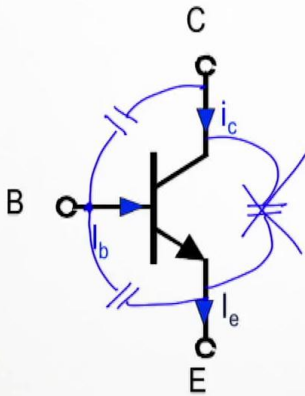
Summary



42m 13s



# Effets hautes fréquences



Electronique II

Et bien sûr, il va être remplacé par une résistance infinie, c'est-à-dire, vous l'enlevez simplement de votre circuit et vous allez vous retrouver avec un schéma complètement linéaire, qui contient des résistances et des sources de courant. Comme on a l'habitude de traiter les circuits linéaires, on va pouvoir le résoudre et ça nous permettrait d'aller très, très loin avec les applications linéaires à base de transistor.

Notes

Summary



43m 29s