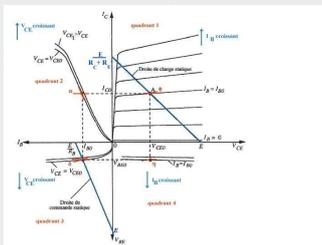




## Sommaire

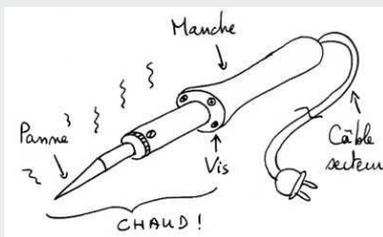
- Shopping
- Courrier
- Le dossier
- Pour aller plus loin
- Technologie
- Le gadget

## Courbes du tr



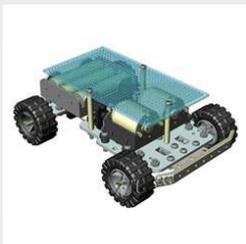
Page 6

## Soudure



Page 10

## Robot Mr BASIC



Page 12



## Laboratoires Bell

Les Laboratoires Bell, Bell Telephone Laboratories ou AT&T Bell Laboratories, plus connus sous l'appellation de Bell Labs), furent fondés en 1925 et implantés à Murray Hill dans l'État américain du New Jersey. En 2009, ils font partie du centre de recherche et développement d'Alcatel-Lucent.

Ils ont déposé plus de 25 000 brevets et en déposent actuellement 3 nouveaux chaque jour. Les recherches menées aux laboratoires Bell ont eu une importance capitale dans des domaines tels que les télécommunications (réseau téléphonique, transmission télé, communications satellite, etc.) et l'informatique (transistor, Unix, C et C++, etc.). Ce sont des lb Bell que proviennent aussi la cellule photoélectrique et le laser et l'extraordinaire développement des communications par fibre optique.

Le XS-1 (rebaptisé X-1 en 1962) est un avion expérimental à moteur fusée. Il est le premier appareil à franchir le mur du son en vol horizontal (le 14 octobre 1947). Développé spécifiquement dans ce but dans le cadre du programme X-Planes de recherche de l'USAAF et de la NACA (ancêtre de la NASA), il est construit par Bell Aircraft Corporation.

## Quelques chercheurs ayant travaillé pour les laboratoires Bell

- John R. Carson
- Karl Guthe Jansky
- Clinton Joseph Davison
- John Bardeen, William Shockley et Walter Houser Brattain
- Arno Allan Penzias et Robert W. Wilson
- Philip Warren Anderson
- Claude Shannon
- Max Mathews
- John Robinson Pierce
- Sergei Alexander Schelkunoff
- Harald T. Friis
- Harold Stephen Black
- Kenneth Thompson (Unix et Plan 9)
- Rob Pike (Plan 9 et Inferno)
- John Tukey (statistiques)
- Dennis Ritchie (Langage C)
- Brian Kernighan (Langage C)
- Horst Störmer, (Directeur de laboratoire de physique)
- Bjarne Stroustrup (Langage C++)
- Walter A. Shewhart (statistiques)
- Harry Nyquist
- Edward F. Moore
- Willard Sterling Boyle
- George Elwood Smith
- Richard Hamming (Prix Turing en 1968)



# Editorial

Ce numéro de minilabo est consacré exclusivement aux transistors bipolaires . Nous rencontrons ceux-ci partout dans notre vie quotidienne car ils sont utilisés dans les tous les appareils électronique et informatique. Ce composant électronique est présenté sous son angle historique, ensuite il est étudié de manière plus technique. Le

dossier expose son mode de fonctionnement théorique, ses spécificités, son mode de fonctionnement, ses applications usuelles.

Le dossier propose également une méthode pour tester le transistor en laboratoire et comment l'utiliser sur une breadbord. Si vous avez envie d'approfondir le sujet, vous pourrez le faire

grâce aux livres de références qui vous sont proposés. Bonne expérimentation à tous

# Shopping

## Livre :



Broché: 90 pages  
Editeur : Hachette  
Technique (15 avril 2009)  
Collection : Guides pratiques industriels  
Langue : Français

ISBN-13: 978-2011805218

16,53€ sur Amazon.fr

Destiné aux élèves de lycées professionnels et aux auditeurs de la formation continue, ce guide pratique, qui regroupe les connaissances de base d'un électronicien, est à la fois : un

aide-mémoire qui énonce les principales lois de l'électricité et de l'électronique ; un résumé de la technologie des composants ; un formulaire. Cet ouvrage permet de découvrir ou de retrouver facilement les principes et les notions fondamentales de l'électronique tout en évitant de

ISBN-10: 201180521X

## Livre :



Électronique de puissance  
Editeur : Nathan  
(1992)  
Collection : Étapes Lp/Lt  
Langue : Français  
ISBN-10: 2-09-176-

Nombre de pages : 127

Reliure : Relié

ISBN 10 : 2091779822

ISBN 13 : 9782091779829

12,54 € d'occasion

- 1 - Diode de redressement ;
- 2 - Diode. Comportement ;
- 3 - Transistor de puissance ;
- 4 - Transistor de puissance ;
- 5 - Transistor MOSFET ;
- 6 - Amplification de puissance ;
- 7 - Redressement non commandé en monophasé ;
- 8 - Filtrage par condensateur ;
- 9 - Filtrage par une bobine ;
- 10 - Redressement non commandé en triphasé ;
- 11 - Redressement commandé. Principe ;
- 12 - Redressement commandé double alternance ;
- 13 - Alimentation d'une machine à courant continu ;

- 14 - Onduleur assisté ;
- 15 - Redresseurs industriels ;
- 16 - Gradateurs ;
- 17 - Hacheur série. Principe ;
- 18 - Hacheur série avec charges inductive ;
- 19 - Hacheur parallèle ;
- 20 - Hacheur réversible ;
- 21 - Alimentation à découpage : convertisseur "fly-bach" ;
- 22 - Alimentation à découpage "forward" ;
- 23 - Onduleurs à deux transistors ;
- 24 - Onduleur en pont ;
- 25 - Onduleur à MPLI ;
- 26 - Onduleurs.Applications ;
- 27 - Systèmes commandés ;
- 28 - Systèmes asservis ;
- 29 - Régulation de la vitesse d'un moteur ;
- 30 - Précision et stabilité ;
- 31 - Transducteurs et capteurs.

966-5

8,95 € d'occasion

Électronique de puissance



Auteur : R.MÉRAT | R.MOREAU | L.ALLAY | J-P.DUBOS | J.LAFARGUE | R.LE GOFF |  
Editeur : NATHAN  
Collection : Étapes

mémento

Année : 09/2001

# Courrier

# Dossier : L'amplification

Un amplificateur électronique (ou amplificateur, ou ampli) est un système électronique augmentant la tension et/ou l'intensité d'un signal électrique. L'énergie nécessaire à l'amplification est tirée de l'alimentation du système. Un amplificateur parfait ne déforme pas le signal d'entrée : sa sortie est une réplique exacte de l'entrée mais d'amplitude majorée.

## Le transistor

Un transistor bipolaire est un dispositif électronique à base de semi-conducteur de la famille des transistors. Son principe de fonctionnement est basé sur deux jonctions PN, l'une en direct et l'autre en inverse. La polarisation de la jonction PN inverse par un faible courant électrique (parfois appelé effet transistor) va permettre de « commander » un courant beaucoup plus important. C'est le principe de l'amplification de courant.

### Histoire

Réplique du premier transistor bipolaire inventé par les laboratoires Bell en 1947  
Différents types de transistors NPN/PNP

La découverte du transistor bipolaire a permis de remplacer efficacement les tubes électroniques dans les années 1950 et ainsi d'améliorer la miniaturisation et la fiabilisation des montages électroniques.  
Transistor point-contact

Réplique du premier transistor bipolaire inventé par deux chercheurs des laboratoires Bell et testé avec succès le 16 décembre 1947. John Bardeen et Walter Brattain sous la direction de William Shockley avaient mis en place un groupe de travail sur les semi-conducteurs dès 1945. Un premier prototype développé par Shockley ne fonctionna pas correctement et c'est avec l'aide

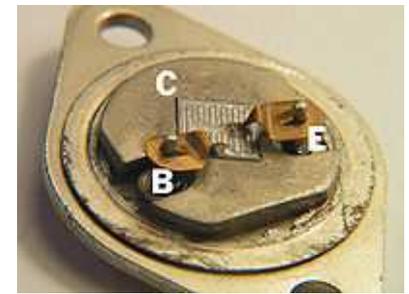
des physiciens Bardeen et Brattain qu'il réussit à détecter et corriger les divers problèmes liés aux champs électriques dans les semi-conducteurs. Le 16 décembre 1947, Bardeen et Brattain mirent en place un petit dispositif composé de germanium et de deux contacts en or qui permettait d'amplifier le signal en entrée d'un facteur 100. Le 23 décembre, ils le présentèrent au reste du laboratoire. John Pierce, un ingénieur en électricité, donna le nom de « transistor » à ce nouveau composant qui fut officiellement présenté lors d'une conférence de presse à New York le 30 juin 1948.

Transistor avec des jonctions PN  
Peu après la découverte de Bardeen et Brattain, Shockley tenta une autre approche basée sur les jonction P-N, une découverte de Russell Ohl remontant à 1940. Les travaux de Shockley ouvrirent la voie pour la réalisation des transistors bipolaires composés d'un sandwich NPN ou PNP. Toutefois, leurs fabrications posaient de réels problèmes car les semi-conducteurs étaient insuffisamment homogènes. Un chimiste du laboratoire Bell, Gordon Teal, mit au point en 1950 un procédé de purification du germanium<sup>1</sup>. Morgan Sparks, Teal et d'autres chercheurs purent fabriquer des jonctions PN puis un

électroacoustique.



### Amélioration des procédés de fabrication



Les deux années suivantes furent consacrées à la recherche de nouveaux procédés de fabrication et de traitement du germanium. Le silicium était plus difficile à travailler que le germanium en raison de son point de fusion plus élevé mais il offrait une meilleure stabilité devant les changements thermiques. Néanmoins, ce n'est pas avant 1954 que le premier transistor en silicium put être réalisé. En 1952, les premiers appareils avec des transistors furent commercialisés. Les laboratoires Bell imposèrent leur savoir-faire durant toute la décennie avec notamment la mise au point du masquage par oxyde par Carl Frosch<sup>3</sup>. Cette technique offrait des perspectives nouvelles pour la fabrication en masse des transistors en silicium. La photolithographie sur les plaques de silicium, un procédé développé par Jules Andrus et Walter Bond en 1955, contribua fortement à l'arrivée de nouvelles techniques d'usinage plus précises et efficaces. Encore aujourd'hui, la photolithographie constitue une étape cruciale dans la réalisation des transistors.

## Historique

L'invention de l'effet transistor se situe dans un contexte qui trouve ses racines dans les début de la radioélectricité et dans la téléphonie. Depuis 1936 les Bell's lab cherchaient à remplacer les commutateurs électromécaniques des centraux téléphoniques par des dispositifs statiques plus fiables. D'autre part, la seconde guerre mondiale a provoqué un développement rapide des semi-conducteurs (germanium) pour réaliser les diodes de détection des RADAR.

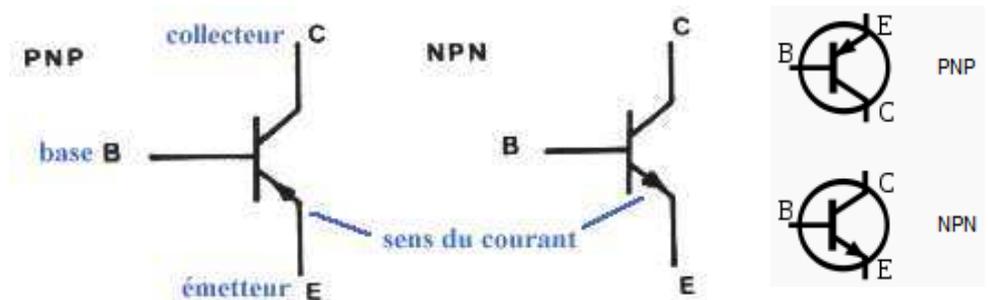
Les matériaux semi-conducteurs

Les matériaux semi-conducteurs sont progressivement apparus avec la radio-électricité. D'abord la galène, puis l'oxyde de cuivre, le sélénium et enfin le germanium. Ces matériaux étaient poly-cristallins et étaient utilisés pour réaliser des détecteurs et des redresseurs. Les propriétés curieuses, et même versatiles, de ces matériaux ont interpellé les chercheurs. Les effets semi-conducteurs ne sont apparus qu'avec la mise au point de techniques de purification extrême. Il faut en effet obtenir une pureté de 10-12 pour pouvoir réaliser un transistor. Les premiers matériaux semi-conducteurs modernes (silicium dopé de type N et P) ont été réalisés par S. Ohl, JH. Scaff et HC. Theurer aux Bell's lab au début de 1940 sous la direction de WH. Brattain. Des jonctions PN furent ensuite réalisées et la technique de fabrication des monocristaux par tirage fut mise au point vers 1947. La théorie des semi-conducteurs s'était développée à partir des travaux théoriques de Brillouin.

## Le transistor bipolaire

[http://michel.hubin.pagesperso-orange.fr/physique/elec/chap\\_tr1.htm](http://michel.hubin.pagesperso-orange.fr/physique/elec/chap_tr1.htm)

Le composant le plus important de toute l'histoire de l'électronique est vraisemblablement le transistor bipolaire qui est constitué de la succession de deux jonctions P-N en opposition. On remarque immédiatement qu'il sera alors possible d'avoir deux configurations différentes P-N-P et N-P-N dont les propriétés seront semblables et complémentaires à la fois. Les propriétés électriques de ces structures ne présentent un intérêt que parce que la couche centrale appelée pour des raisons historiques base possède une épaisseur très faible ( $< 1 \mu\text{m}$  et parfois beaucoup moins) et un dopage modéré dont il résulte une longueur de diffusion des porteurs sensiblement supérieure à son épaisseur.



Chacune des trois zones du transistor est accessible de l'extérieur. Le courant principal circule entre l'émetteur et le collecteur selon le sens de la flèche, tandis que l'électrode de base permet la commande du courant principal via un courant beaucoup plus faible (d'un facteur 40 à plus de 200).

### Fonctionnement

Nous déduisons le fonctionnement des propriétés fondamentales des jonctions P-N en simplifiant sensiblement la réalité et nous renvoyons le lecteur curieux vers des ouvrages plus spécialisés (tels celui de Vapaille et Castagné) pour avoir une description complète de tous les effets parasites liés à la réalité du processus technologique de fabrication du transistor. Nous rappelons pour mémoire le schéma en coupe d'un transistor NPN tel celui retenu pour expliciter les technologies de fabrication et, sur le schéma à gauche, le modèle géométrique sur lequel se base notre raisonnement, modèle qui implique une même surface pour chaque jonction supposée par ailleurs parfaitement homogène (on ne considère en gros que la zone hachurée sur le schéma de droite). Notons que pour des raisons pratiques on place le collecteur en haut sur notre modèle.

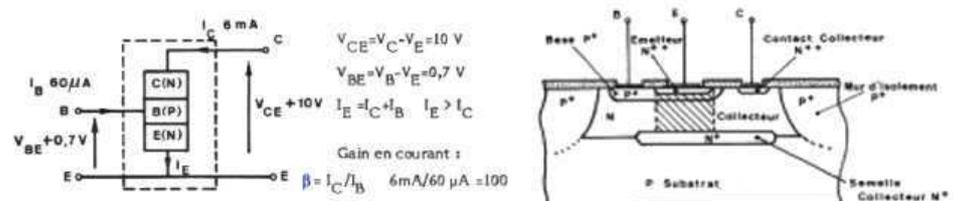


Fig. modèle basique du transistor et des notations utilisées pour caractériser les grandeurs électriques

Dans ce modèle simplifié, en raison, d'une part, des dopages et, d'autre part, des potentiels appliqués, on peut schématiser les densités de porteurs à l'intérieur des différentes zones par les schémas ci-dessous.

## Expériences

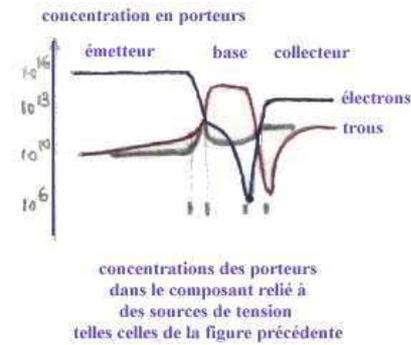
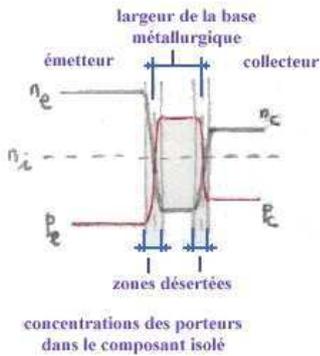


Fig. comparaison entre les concentrations de porteurs dans le transistor en l'absence et en présence de sources extérieures

Sur la figure de gauche on a figuré les concentrations de porteurs telles qu'elles résultent du dopage et des échanges naturels de porteurs. On a un dopage dissymétrique et les zones désertées ont une largeur répartie de part et d'autre de la limite métallurgique de la base en raison inverse des dopages (cf chapitre physique des composants). Lorsqu'on applique les potentiels de la figure précédente il en résulte : une polarisation en inverse de la jonction BC et par contre une polarisation directe de la jonction EB. En conséquence les concentrations de porteurs sont modifiées et correspondent à la figure de droite.

On constate un minimum aigu de la concentration des électrons dans la base au voisinage de la jonction collecteur. De même dans le collecteur on constate un minimum de trous. De plus la concentration en trous a augmenté dans l'émetteur sur une longueur égale à plusieurs fois la longueur de diffusion.

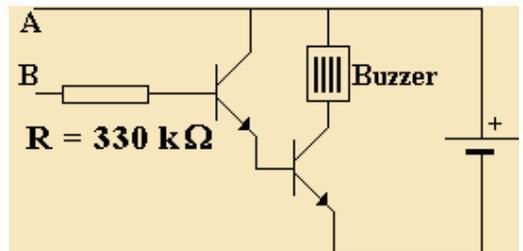
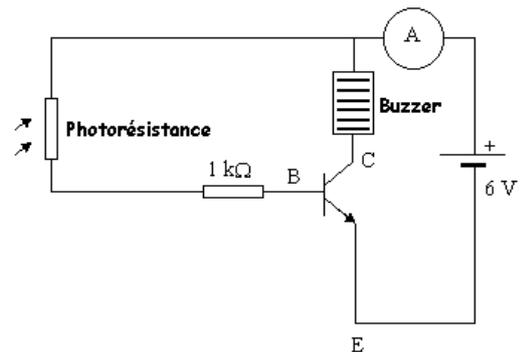
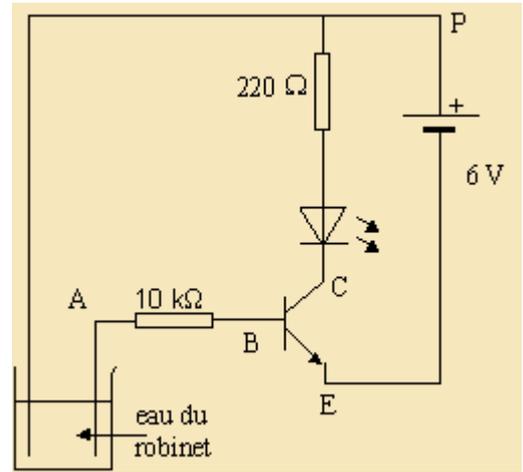
A l'interface EB on a une injection constante de porteurs (électrons) qui dans la base sont des porteurs minoritaires. Ces porteurs diffusent vers le collecteur.

Deux cas sont prévisibles :

soit la base a une épaisseur très sensiblement supérieure à la longueur de diffusion et tous ces porteurs en excès se seront recombinaés avant d'atteindre l'interface BC et il ne se passe rien.

soit la base est mince et de nombreux porteurs arrivent au voisinage de l'interface et la traversent. D'autre part, en raison du potentiel fortement positif appliqué, il y a un champ intense au niveau de cet interface ce qui accélère le transit des porteurs minoritaires et explique le minimum de concentration constaté. Dans ce cas on constate donc un intense courant de porteurs minoritaires au niveau du collecteur et il est clair que celui-ci est contrôlé par la polarisation de la jonction EB. Le courant  $I_B$  qui dans l'exemple numérique ci-dessus est sensiblement le 1/100 du courant collecteur  $I_C$  représente la fraction de porteurs injectés qui se sont recombinaés avant d'atteindre le collecteur.

On dispose donc d'un procédé très efficace et énergétiquement économique pour contrôler un courant bien plus important et ce sera exploité dans nombre d'applications dont, bien évidemment, l'amplification d'un signal de faible amplitude.





$$\rho_E = \left[ \frac{\Delta v_{CE}}{\Delta i_C} \right]_{I_B} = \frac{1}{h_{22e}} = \cot g\phi$$

représente la résistance de sortie du transistor

$$\beta = \left( \frac{\Delta i_C}{\Delta i_B} \right)_{V_{CE}} = h_{21e} = tg\alpha$$

est le coefficient d'amplification en courant

$$r_E = \left( \frac{\Delta v_{BE}}{\Delta i_B} \right)_{V_{CE}} = h_{11e} = tg\delta$$

est la résistance d'entrée du transistor

$$\mu_E = \left( \frac{\Delta v_{BE}}{\Delta v_{CE}} \right)_{I_B} = h_{12e} = tg\eta$$

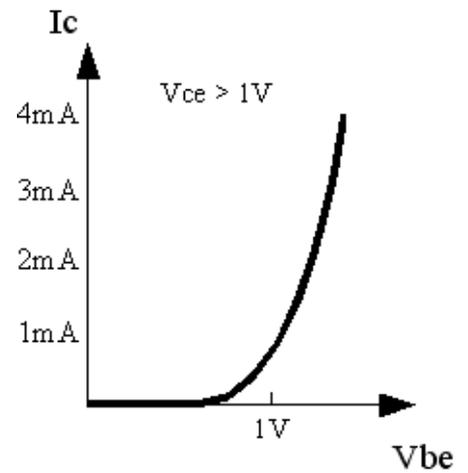
est le coefficient de réaction dont le graphique montre qu'il est sensiblement nul dans ce cas.

Notons en outre que sur trois quadrants les différentes courbes correspondant aux diverses valeurs de la troisième variables prise pour constante (VCE par exemple dans les deux quadrants de gauche) sont très proches les unes des autres et dans la pratique, eu égard aux dispersions de fabrication qui ne permettent pas de garantir l'identité absolue de ces courbes pour différents transistors supposés de même type (même numéro de code d'identification) on admettra que ces variations sont négligeables. En conséquence le quadrant 4 sera inutilisé ( $\mu_E$  est nul). Dans le quadrant 3 on considérera une seule et unique courbe reliant VBE et IB pour toute valeur de VCE, de même dans le quadrant 2 on admettra une seule courbe reliant IC et IB pour tout VCE et de plus on assimilera le plus souvent cette courbe à une droite (B béta constant).

## Pour aller plus loin

Type		Maximum rating		Characteristics at 25°C					
NPN	PNP	Ptot (mW)	VCE0 (V)	h21E min	h21E max	VCE(SAT) max (V)	/IC / IB (mA)	fT min (MHz)	FB 1KHz max (dB)
	BC327	625	45	100	630	0,7	500/50	200\$	
	BC327-16			100	250				
	BC327-25			160	400				
	BC327-40			250	630				
	BC328	625	25	100	630	0,7	500/50	200\$	
	BC328-16			100	250				
	BC328-25			160	400				
	BC328-40			250	630				
BC546		500	65	110	450	0,6	100/5	300\$	10
BC546A				110	220				
BC546B				200	450				
BC547		500	45	110	800	0,6	100/5	300\$	10
BC547A				110	220				
BC547B				200	450				
BC547C				420	800				
BC548		500	30	110	800	0,6	100/5	300\$	10
BC548A				110	220				
BC548B				200	450				
BC548C				420	800				
BC549		500	30	200	800	0,6	100/5	300\$	4
BC549B				200	450				
BC549C				420	800				
	BC557	500	45	75	475	0,65	100/5	150\$	10
	BC557A			110	220				
	BC557B			200	450				
	BC558	500	30	75	850	0,65	100/5	100\$	10
	BC558A			110	220				
	BC558B			200	450				
	BC558C			420	800				

## Description datasheet



La figure  $I_c/V_{be}$  montre que, pour un transistor travaillant dans la zone de saturation, la tension  $V_{be}$  varie fort peu. En dessous de  $V_{be} = 0,65V$ , le transistor ne conduit pas. Lorsqu'on dépasse cette valeur, appelée tension de seuil, le courant collecteur augmente exponentiellement. On démontre ainsi que le courant collecteur  $I_c$  est égal à

$$I_c = I_s \cdot \left[ 1 + \frac{V_{ce}}{V_{EA}} \right] \cdot \exp \left( \frac{V_{be}}{V_{th}} \right)$$

, où  $I_s$  correspond au courant de saturation de la jonction émetteur base et  $V_{EA}$  la tension d'Early.

En pratique,  $V_{be}$  est généralement compris entre 0,65V (pour des  $I_c$  de quelques mA) et 1V (pour les transistors de puissance parcourus par un  $I_c$  important, pe. 1A).

Caractéristiques électriques:

- sa tension d'Early  $V_{EA}$ , d'autant plus grande que le transistor se comporte comme une source idéale de courant ; la résistance émetteur-collecteur correspond au ratio entre la tension d'Early et le courant collecteur.
- sa transconductance (gain tension-courant), directement liée au courant collecteur (en première approximation, elle vaut  $g_m = I_c / V_{th}$  où on a la tension thermique  $V_{th} = kT / q$ ). Bien sûr, chaque transistor étant prévu pour fonctionner correctement dans une certaine plage de courant, il est inutile d'augmenter le courant au delà d'une certaine limite pour accroître le gain.

## Expériences

Si on branche une source de tension entre les bornes C et E, le transistor ne laisse pas passer de courant (fig. 1).

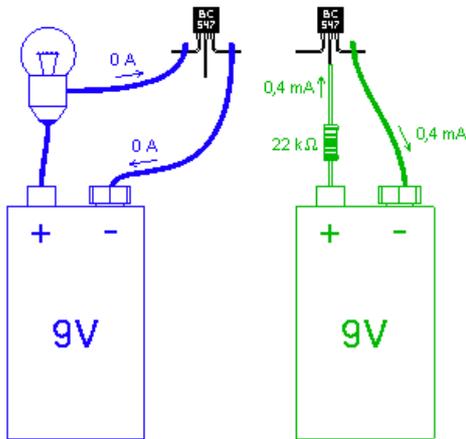


Fig. 1

Fig. 2

Par contre, entre B et E il y a un court-circuit. Si on veut faire passer un courant précis entre B et E, il faut utiliser une source de tension et une résistance (fig. 2).

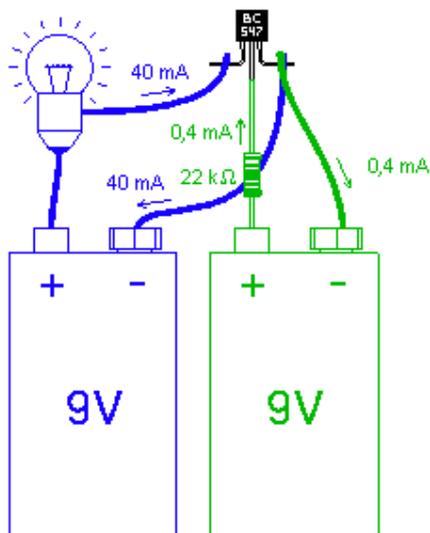
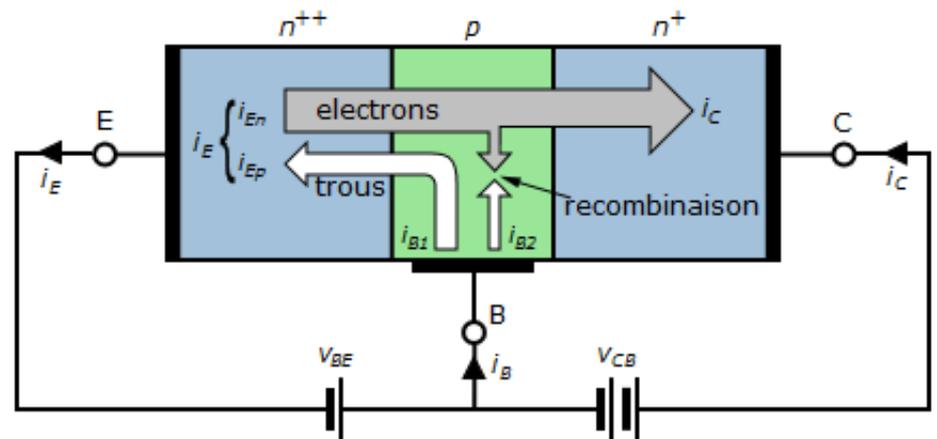


Fig. 3

Si on envoie un courant de  $I_B$  ampères entre B et E, alors le transistor acceptera de laisser passer un courant de  $I_C = \beta \cdot I_B$  ampères entre C et E (fig. 3). Dans ce cas ci,  $\beta$  vaut de l'ordre de 100.

## Principe de fonctionnement

[http://fr.wikipedia.org/wiki/Transistor\\_bipolaire](http://fr.wikipedia.org/wiki/Transistor_bipolaire)



Nous prendrons le cas d'un type NPN pour lequel les tensions  $V_{be}$  et  $V_{ce}$  et le courant entrant à la base sont positifs.

Dans ce type de transistor, l'émetteur, relié à la première zone N, se trouve polarisé à une tension inférieure à celle de la base, reliée à la zone P. La diode émetteur/base se trouve donc polarisée en direct, et du courant (injection d'électrons) circule de l'émetteur vers la base.

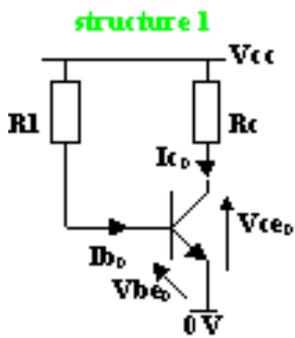
En fonctionnement normal, la jonction base-collecteur est polarisée en inverse, ce qui signifie que le potentiel du collecteur est bien supérieur à celui de la base. Les électrons, qui ont pour la plupart diffusé jusqu'à la zone de champ de cette jonction, sont recueillis par le contact collecteur. Modèle simple d'un transistor en fonctionnement linéaire

Idéalement tout le courant issu de l'émetteur se retrouve dans le collecteur. Ce courant est une fonction exponentielle de la tension base-émetteur. Une très petite variation de la tension induit une grande variation du courant (la transconductance du transistor bipolaire est très supérieure à celle des transistors à effet de champ).

Le courant des trous circulant de la base vers l'émetteur ajouté au courant de recombinaison des électrons neutralisés par un trou dans la base correspond au courant de base  $I_b$ , grossièrement proportionnel au courant de collecteur  $I_c$ . Cette proportionnalité donne l'illusion que le courant de base contrôle le courant de collecteur. Pour un modèle de transistor donné, les mécanismes de recombinaisons sont technologiquement difficiles à maîtriser et le gain  $I_c / I_b$  peut seulement être certifié supérieur à une certaine valeur (par exemple 100 ou 1000). Les montages électroniques doivent tenir compte de cette incertitude (voir plus bas).

Lorsque la tension collecteur-base est suffisamment positive, la quasi totalité des électrons est collectée, et le courant de collecteur ne dépend pas de cette tension ; c'est la zone linéaire. Dans le cas contraire, les électrons stationnent dans la base, se recombinent, et le gain chute ; c'est la zone de saturation.

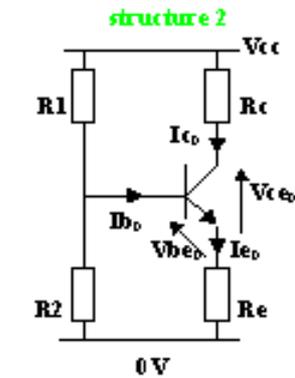
# Polarisation du transistor



Dans la structure 1 :

$$I_{c0} = b \cdot (V_{cc} - V_{be0}) / R_1$$

Le point de repos dépend beaucoup de  $b$ . Mais  $b$  varie d'un transistor à l'autre bien que la référence soit la même et pour un même transistor en fonction de la température. Ce montage très simple est donc difficilement utilisable.



Dans la structure 2 :

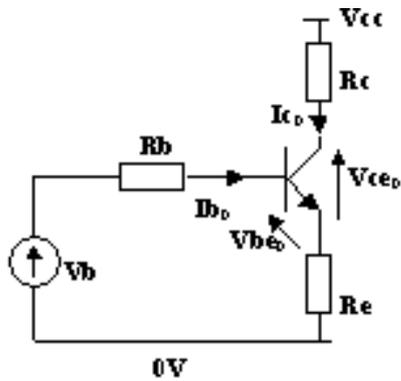
Le pont  $R_1, R_2$  sur  $V_{cc}$  peut être remplacé par son modèle de Thévenin:

$$I_{c0} = b \cdot (V_b - V_{be0}) / (R_b + [b + 1] \cdot R_e)$$

En choisissant  $R_b$  faible devant  $[b + 1]R_e$  alors  $I_{c0} \gg (V_b - V_{be0}) / R_e$  devient pratiquement insensible à  $b$ .

Dans la structure 2, le point de polarisation est donc stable en température

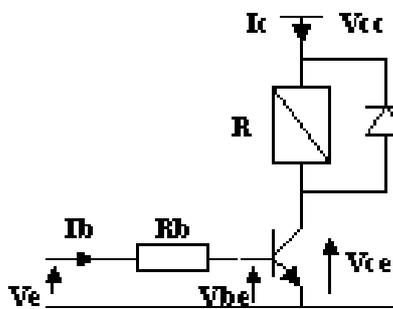
et l'interchangeabilité des transistors est possible.



$$\text{où } V_b = V_{cc} \cdot R_2 / (R_1 + R_2)$$

$$R_b = R_1 \cdot R_2 / (R_1 + R_2)$$

## Transistor en commutation

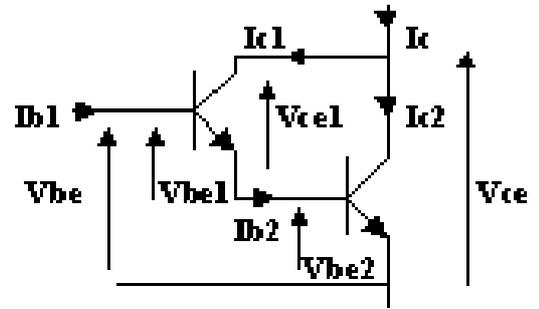


Exemple de commande de relais :

Le transistor permet de commander le relais en tout ou rien à partir du signal  $V_e$ . Le relais  $R$  comprend entre ses bornes un bobinage que l'on peut assimiler à une inductance  $L$  en série avec une résistance  $r$ . La

diode  $D$  est une diode de roue libre qui assure la continuité du courant dans l'inductance du relais au blocage du transistor. Sans la diode  $D$  une surtension destructrice pour le transistor se produirait.

## Montage Darlington



En régime linéaire ( $V_{ce} > 2\text{Volts}$ ):

$$I_c = I_{c1} + I_{c2} = b_1 \cdot I_{b1} + b_2 \cdot I_{b2} =$$

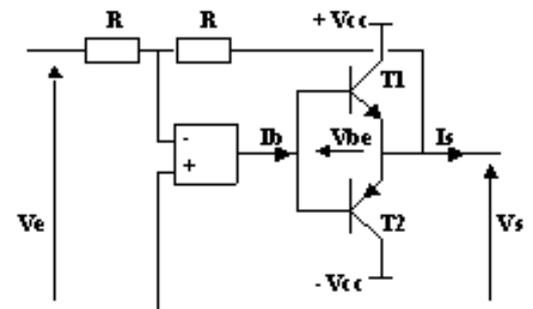
$$b_1 \cdot I_{b1} + b_2 (b_1 + 1) I_{b1} \gg b_1 \cdot b_2 \cdot I_{b1}$$

La structure fonctionne comme un transistor bipolaire ayant une très forte amplification en courant.

Mais le niveau de saturation  $V_{cesat}$  est élevé,  $V_{cesat} = V_{ce1sat} + V_{be2} \gg 1,5\text{V}$

Le seuil  $V_{be} = V_{be1} + V_{be2} \gg 1,4\text{V}$

## Etage " push pull "



$T_1$  et  $T_2$  sont des transistors complémentaires de même amplification  $b$ .

Si  $I_s > 0$  c'est  $T_1$  qui travaille  $I_{c1} \gg I_s$  et  $T_2$  est bloqué  $I_{c2} = 0$

Si  $I_s < 0$  c'est  $T_2$  qui travaille  $I_{c2} \gg -I_s$  et  $T_1$  est bloqué  $I_{c1} = 0$

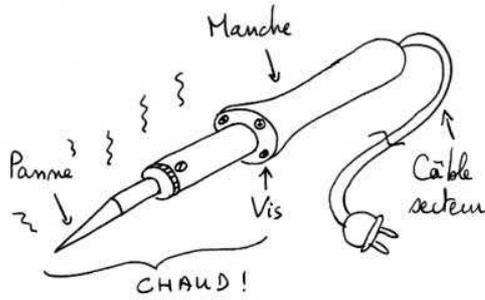
En régime linéaire ( $[V_{cc} - 1\text{Volt}] > V_s > [-V_{cc} + 1\text{Volt}]$ ),  $I_s \gg b \cdot I_b$

La structure est un étage amplificateur de courant.

$$V_s = V_e + V_{be}$$

Mais  $V_{be} = 0,7\text{V}$  si  $I_s > 0$  et  $-0,7\text{V}$  si  $I_s < 0$ . Il y a donc distorsion du signal  $V_s$  par rapport à  $V_e$ . A ce défaut près la structure est suiveur de tension.

Si l'étage est placé dans la chaîne d'action d'un système bouclé, la distorsion en sortie peut être éliminée. Par exemple : ici  $V_s = V_e$  et la distorsion est reportée sur la sortie de l'ALI.

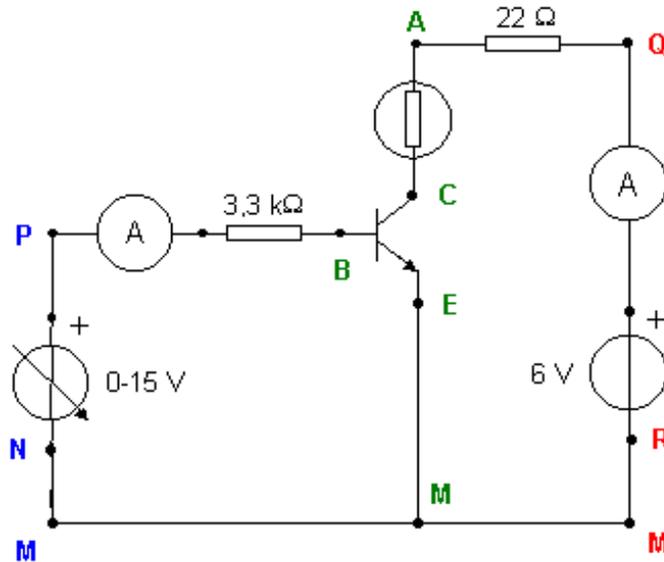


La panne du fer ne doit pas être trop fine, pour débiter : les pannes très fines sont utiles pour souder par exemple des composants CMS, mais elles sont fragiles, elles se tordent facilement lorsqu'on ne soude que des composants plus gros. La panne doit être pointue mais solide, pas plate comme en plomberie, ce qui est trop gros. Les fers à bas coût sans contrôle de température sont généralement équipés d'une panne de taille idéale...

Attention : la température du fer doit être adaptée au type de soudure utilisée. Les fils à soudés étain-plomb anciens avaient une température de fusion plus basse que les fils en nouveaux alliages sans plomb. Plus le fils de soudure est épais, plus il a du mal à fondre. Un fer (à température fixe) peu chaud ou peu puissant peut convenir pour du fil fin mais pas pour du fil épais.

- \* Fil de soudure : alliage à bas point de fusion, non ferreux.  
Anciens alliages : étain + plomb + flux de soudure. Les fils de soudures les plus couramment utilisés pour l'électronique étaient les alliages 60/40 ou 63/37. Des alliages avec d'autres proportions ne fondent pas à la même température.

Nouveaux alliages : Etain – Cuivre, Etain – Argent, Etain - Argent - Cuivre sont les plus couramment utilisés pour les applications non industrielles. Ces alliages contiennent en général plus de flux de soudure que les anciens



Afin d'étudier les intensités  $I_C$  et  $I_B$  des courants arrivant au collecteur et à l'émetteur, on réalise le dispositif suivant.

### Compréhension du montage

Flécher les intensités  $I_B$  et  $I_C$  sur votre schéma.  
Flécher les tensions  $U_{QA}$  et  $U_{BP}$  (qui correspondent chacune à la tension aux bornes d'une résistance). Les mesurer.  
Grâce à la loi d'ohm, les exprimer en fonction des valeurs des résistances (à mesurer séparément à l'ohmmètre).  
En déduire les expressions de  $I_C$  et de  $I_B$ .

### Réalisation du montage et mesures

Réaliser le circuit sans les ampèremètres et vérifier qu'il fonctionne. Il faut être attentif aux polarités de manière à ce que le transistor soit branché dans le bon sens.  
Placer correctement les ampèremètres. Il suffit de retirer un fil bien placé et de le remplacer par l'ampèremètre : Celui-ci sera forcément en série !  
Faire varier  $U_{PN}$  de 0 à 10 V environ de manière à noter les valeurs de  $I_B$  et  $I_C$ . Ouvrir un tableur et réaliser un tableau.  
Attention, très vite l'intensité  $I_C$  se stabilise : on dit que le transistor sature. Prendre alors un maximum de mesures avant cette valeur maximale.  
Visualiser le graphique donnant  $I_C$  en fonction de  $I_B$ .

### Exploitation des mesures

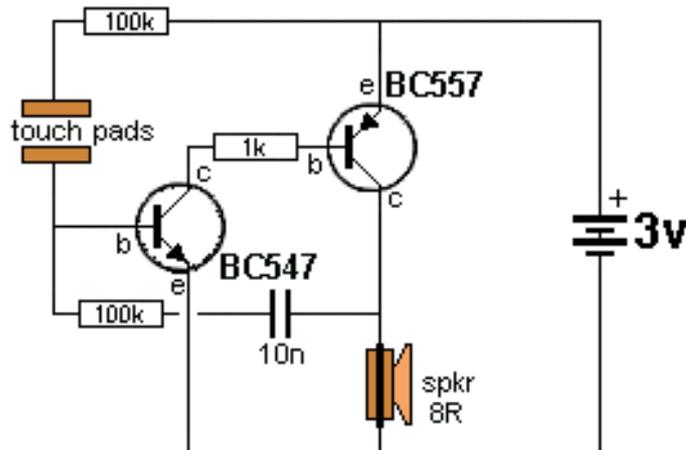
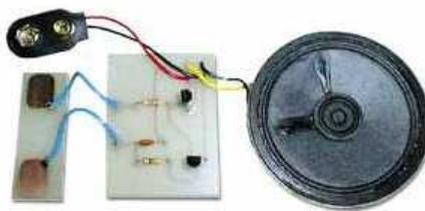
Repérer les deux parties distinctes.  
Modéliser alors la partie linéaire : Pour avoir des explications sur ce point.  
Imprimer le graphe  $I_C = f(I_B)$ , le tableau et l'équations du modèle.  
Marquer les deux parties remarquables de la courbe. De quelle forme est l'équation de  $I_C$  dans la partie linéaire de la courbe  $I_C = f(I_B)$ ?  
Noter l'équation de la partie linéaire. Quel est le coefficient d'amplification  $b = I_C / I_B$  ?  
Pourquoi parle-t-on de fonction amplificatrice du transistor ?

# Pour aller plus loin : LIE DETECTOR-1

<http://talkingelectronics.com/projects/200TrCcts/200TrCcts.html>

This circuit detects the resistance between your fingers to produce an oscillation. The detection-points will detect resistances as high as 300k and as the resistance decreases, the frequency increases.

Separate the two touch pads and attach them to the back of each hand. As the

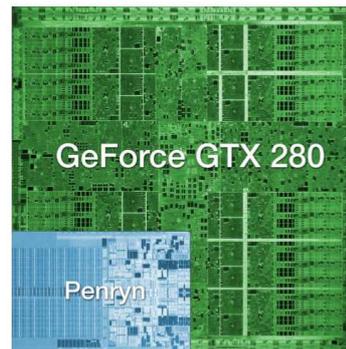


subject feels nervous, he will sweat and change the frequency of the circuit. The photos show the circuit built on PC boards with separate touch pads.

# Transistor ou ca ?



Ce qu'il y a de bien en informatique, c'est que c'est l'un des rares domaines où l'on peut encore croire à une croissance infinie et démesurée des possibilités du matériel. Il y a 20 mois de cela, nVIDIA sortait les GeForce 8 et on trouvait que les 680 millions de transistors dissipant bien 100 à 150 Watts de chaleur à eux tout seuls, c'était (et c'est d'ailleurs toujours) assez monstrueux dans le genre. Foin de toute considération environnementale prônant la décroissance et la sobriété énergétique, c'est aujourd'hui que la véritable relève aux GeForce 8800 arrive.



Comme d'habitude, nVIDIA s'est plutôt déchainé. Plutôt que de se contenter d'aller au milliard ou même de doubler le nombre de transistors, c'est pas moins de 1,4 milliard de transistors qui équipent la dernière-née. C'est juste 2 fois plus que ce qu'il y aura dans le futur Nehalem d'Intel. Certains gros geeks de mon genre pourront me dire "Ouais mais les Itaniums d'Intel, ils en ont 1,7 de milliard de transistors". Certes, mais il semble bel et bel que sur ce chiffre absolument effrayant en 2008, il y en ait 1,5 milliard pour les 24 Mo de mémoire cache. Ici, on a 1,4 milliard de transistors servant principalement à faire des gros calculs massivement parallélisés. Et même pas peur, le tout est gravé en 65 nm alors qu'Intel vient d'inaugurer le 45 nm.

SEMICONDUCTOR OUTLINES					BOTTOM VIEW UNLESS OTHERWISE STATED				
TO-1	TO-3	TO-5	TO-18	TO-39	79-03 TO-39(A)	TO-39(mod)			
TO-48 SIDE VIEW	TO-66	TO-72			TO-92 VAR.1	TO-92 VAR.2	TO-92 SCR	TO-92 A SCR	
TO-105	TO-106	TO-126 FRONT VIEW	TO-127 FRONT VIEW	TO-202	TO-202R	TO-202FET	TO-202SCR		
TO-220	TO-220(A)	FET	SCR	TRIAC	TOP-3 FRONT VIEW	TOP-66 FRONT VIEW	TO-247 FRONT VIEW	SOT-30	
SOT-37(2) TOP VIEW	SOT-103 TOP VIEW	MX TOP VIEW	206 TOP VIEW	262 TOP VIEW	TOP VIEW				
MT-72C FRONT VIEW	T-40 TOP VIEW	DIODES	ZENER DIODES	D6 TOP VIEW	D8 TOP VIEW				

## Châssis MR BASIC

(<http://letsmakerobots.com/taxonomy/term/3546>)

4 roues motrices

La plateforme Mr Basic TR3 est prévue pour l'initiation à la robotique. Elle est équipée de 2 moteurs et 4 roues motrices, d'un châssis en aluminium et d'une plaque d'essais double face à trous métallisés.

Facile à assembler, elle peut être complétée notamment par la

carte de contrôle des moteurs TR3A (disponible séparément). Livrée non assemblée avec support de piles, clé 6 pans, tournevis et mode d'emploi illustré en anglais.

Caractéristiques:

Alimentation: 4,5 à 6 Vcc (piles non incluses)

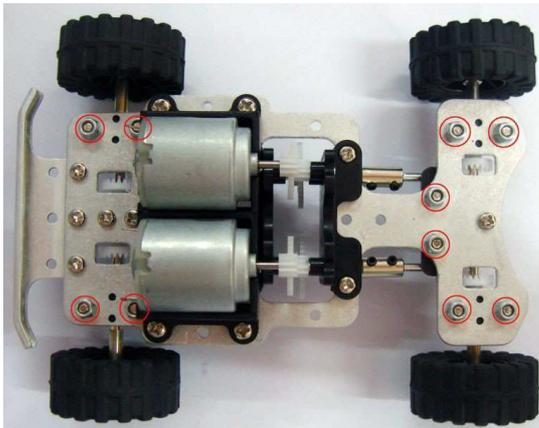
Intensité à vide: 230 mA/moteur

Couple de blocage: 2,6 A

Dimensions: 144 x 106 x 59 mm

Diamètre des roues: 36 mm

Poids: 270 gr

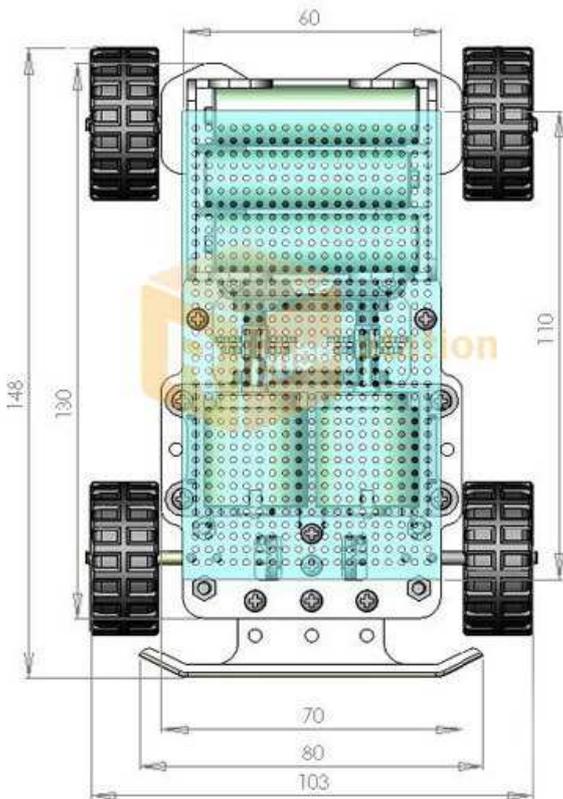


Sue ebay à environ 22,80 EUR

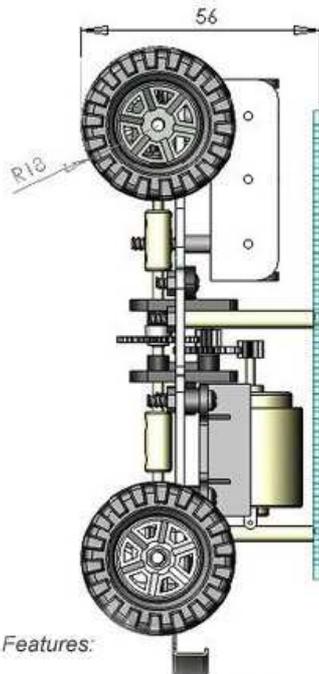
Numéro de l'objet : 170708250426

D'autres modèles sur <http://www.robotshop.com>

"Mr. Basic" is built on a high-quality brushed aluminum chassis with 4WD system, it provides you a sturdy and expandable platform for DIY robotic projects.



You can choose assembling the electronics work on PCB board directly



Features:

- Aluminum alloy chassis
- PCB board for electronic work assembling
- Acrylic board for Arduino Duemilanove and Arduino Mega
- Size 145mm / 5.7inch (L) x 108mm / 4.25inch (W) x 55mm / 2.17inch (H)
- Weight: 260g
- Two DC motors (260)
- Maximum load 0.5kg

## Prochain numéro

Dans le prochain numéro nous découvriront les capteurs.

minilabo

Pour recevoir votre minilabo, il vous suffit de vous inscrire à la lettre de diffusion sur <http://www.minilabo.be/mail.php>

Rédacteur:

Defoy Laurent

email: [laurent@minilabo.be](mailto:laurent@minilabo.be)

web: [www.minilabo.be](http://www.minilabo.be)

minilabo est basé sur le partage. Merci de me faire parvenir vos notes ou articles au format OpenDocument, Microsoft Word ou simplement vos documents scannés.

Si vous voulez contribuer plus activement, vous pouvez également envoyer des vidéos d'essais ou des montages électroniques.

Cette oeuvre est sous licence Creative Commons Paternité - Pas d'Utilisation Commerciale - Partage à l'Identique 3.0 non transcrit. Pour accéder à une copie de cette licence, merci de vous rendre à l'adresse suivante [www.minilabo.be](http://www.minilabo.be) ou envoyez un courrier à Creative Commons, 444 Castro Street, Suite 900, Mountain View, California, 94041, USA.

