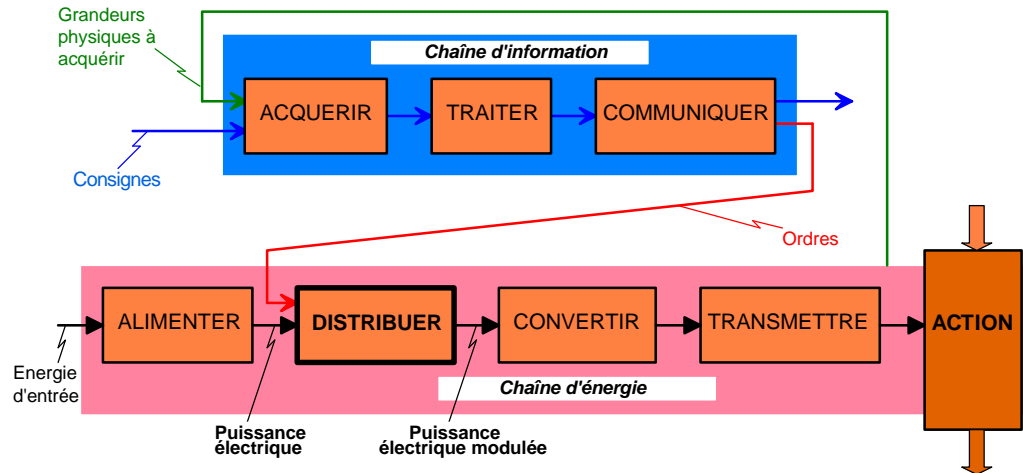


1• PRÉSENTATION

La chaîne d'action, constituée par un microcontrôleur ou des circuits logiques, produit des ordres à destination de la chaîne d'énergie mais elle ne peut délivrer une tension et un courant suffisant pour alimenter directement une partie opérative (moteur électrique par exemple). Il est nécessaire d'utiliser un préactionneur qui joue le rôle d'interface de puissance entre la partie commande et la partie opérative. Le préactionneur pourra être commandé en entrée par un courant ou une tension faible et commutera en sortie une puissance électrique (Pa) adaptée à la charge.

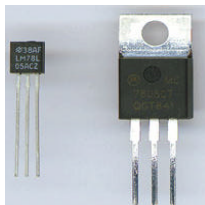
2• IDENTIFICATION DE LA FONCTION TECHNIQUE RÉALISÉE



Divers composants permettent de réaliser la fonction DISTRIBUER (la puissance électrique) :

- Les transistors pour commuter des tensions/courants continus,
- Les relais (commute du continu ou de l'alternatif en réalisant une isolation électrique).

3• LES TRANSISTORS



Les transistors sont des semi-conducteurs dotés d'une entrée de commande. Ils permettent deux types de fonctionnement :

- en régime linéaire (amplificateur),
- en régime de commutation (bloqué / saturé).

Dans la suite du cours, on s'intéressera uniquement au fonctionnement en commutation.

Il existe deux grandes familles de transistors caractérisés par un type de commande distinct :

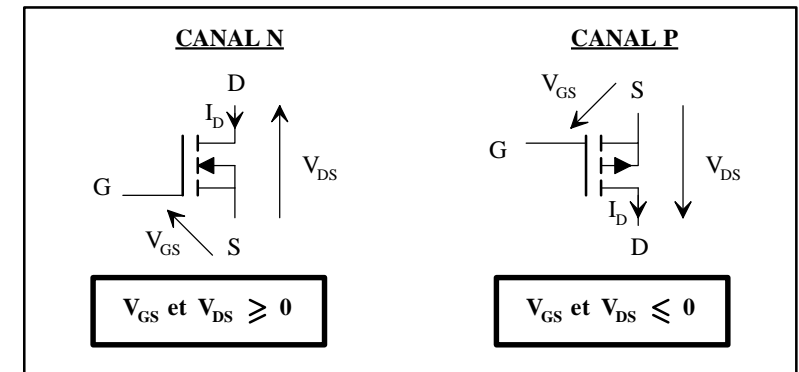
- Les transistors à effet de champ commandés en tension,
- Les transistors bipolaires commandés en courant.

3.1• TRANSISTOR A EFFET DE CHAMP : FET (FIELD EFFECT TRANSISTOR)

3.1.1• PRÉSENTATION

Les transistors à effet de champ sont dotés de trois broches appelées : Grille (G), Drain (D) et Source (S). Ils sont dotés d'un **canal** N ou P par lequel est assuré le passage du courant entre Drain et Source. La conduction est commandée par un champ électrique produit par une tension appliquée sur la grille.

3.1.2• SYMBOLE DES TRANSISTORS MOSFET A ENRICHISSEMENT



3.1.3• DÉFINITION DES GRANDEURS CARACTÉRISTIQUES

La commande du transistor est réalisée par la tension V_{GS} . La valeur de la tension V_{GS} qui assure le blocage du transistor est appelée V_{GS}^{th} ou V_T .

A l'état saturé, le transistor se comporte comme une résistance entre Drain et Source. Cette résistance est nommée $R_{DS(on)}$ et présente généralement une très faible valeur.

3.1.4• TRANSISTOR MOS CANAL N EN COMMUTATION

Le transistor se comporte comme un interrupteur (entre D et S) commandé par la tension V_{GS} positive ou nulle.

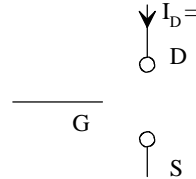
3.1.4.1• Transistor bloqué : _____

Le transistor est bloqué si :

⇒ $I_D =$ ____

En général, on prendra $V_{GS} =$ _____

Le transistor est équivalent à :



3.1.4.2• Transistor saturé : _____

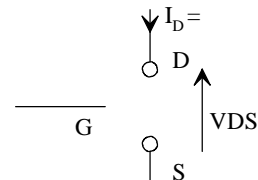
Le transistor est saturé si :

En général, on prendra $V_{GS} =$ _____

Le transistor est équivalent à :

$V_{DS} =$ _____

$I_D =$ _____



3.2• TRANSISTOR MOS CANAL P

La tension de commande V_{GS} est négative ou nulle.

Le transistor est bloqué si :

on prendra $V_{GS} =$ _____

Le transistor est saturé si :

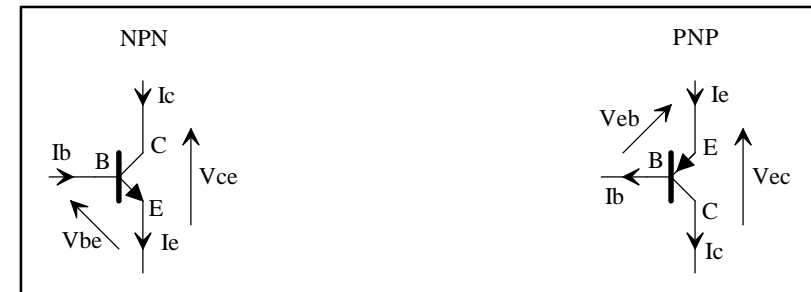
on prendra $V_{GS} =$ _____

3.3• TRANSISTOR BIPOLAIRE

3.3.1• PRÉSENTATION

Le transistor est doté de trois broches repérées B, C et E et appelées respectivement : Base, Collecteur et Emetteur. Il existe deux types de transistors bipolaires : les NPN et les PNP.

3.3.2• SYMBOLE



3.3.3• DÉFINITION DES GRANDEURS CARACTÉRISTIQUES

- I_B : courant de base.
- I_C : courant de collecteur.
- I_E : courant d'emetteur.
- V_{CE} : tension Collecteur Emetteur (V_{EC} pour le transistor PNP).
- V_{BE} : tension Base Emetteur (V_{EB} pour le transistor PNP).

Les tensions et courants repérés sont positifs pour les deux types de transistor.

3.3.4• FONCTIONNEMENT EN RÉGIME LINÉAIRE

Le transistor réalise une **amplification du courant d'entrée I_B** :

Où β désigne l' amplification en courant du transistor (aussi appelée h_{21} ou h_{FE}).

Aucun transistor ne dispose du même β , il se situe dans une plage garantie par le constructeur et est compris entre deux valeurs limites : $\beta_{min.} \leq \beta \leq \beta_{max.}$

3.3.5• FONCTIONNEMENT EN COMMUTATION

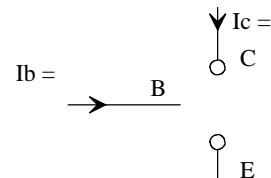
Le transistor se comporte comme un interrupteur (entre C et E) commandé par le courant de base.

3.3.5.1• Transistor bloqué :

Le transistor est bloqué si :

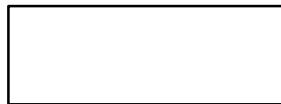


Le transistor est équivalent à :



3.3.5.2• Transistor saturé :

Le transistor est saturé si :

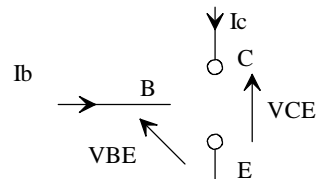


Le transistor est équivalent à :

$I_b >$

$V_{CE} =$

$I_c =$

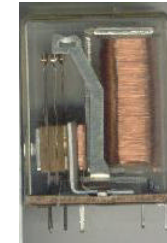


La valeur minimale de I_b qui garantit la saturation est appelée **$I_{bsat\ min}$** .

Pour obtenir la meilleure saturation possible du transistor, c'est-à-dire pour obtenir une tension V_{CEsat} qui soit la plus proche de 0, on choisit généralement pour I_b une valeur telle que :

$I_b = K \cdot I_{bsat\ min}$ avec K : coef. de sursaturation (habituellement choisi entre 2 et 5)

4• LES RELAIS ÉLECTROMÉCANIQUES



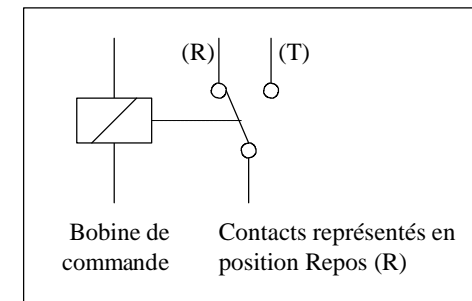
4.1• PRÉSENTATION

Un relais est généralement constitué de deux parties isolées électriquement :

- une bobine de commande,
- un ou plusieurs interrupteurs commandés.

Lorsque la bobine est alimentée, elle crée un champ magnétique qui entraîne le basculement de la lame : le contact passe de la position repos à la position travail. Lorsque la bobine n'est plus alimentée, la lame reprend sa position initiale grâce à un ressort de rappel.

4.2• SYMBOLE D'UN RELAIS AVEC CONTACT INVERSEUR (RT)



4.3• DESCRIPTION DES GRANDEURS CARACTÉRISTIQUES

La bobine est caractérisée principalement par :

- Sa tension d'alimentation (continue ou alternative).
- Sa résistance (qui permet de calculer le courant dans la bobine).

Les contacts sont caractérisés par :

- Leur type et leur nombre (contact à fermeture / travail, contact à ouverture / repos, contact inverseur).
- La tension et le courant que les contacts peuvent commuter.
- Le nombre maximal de manoeuvres possibles.
- La fréquence maximale de commutation.

5. EXERCICES D'APPLICATION

5.1. TRANSISTOR MOSFET: COMMANDE D'UN MOTEUR

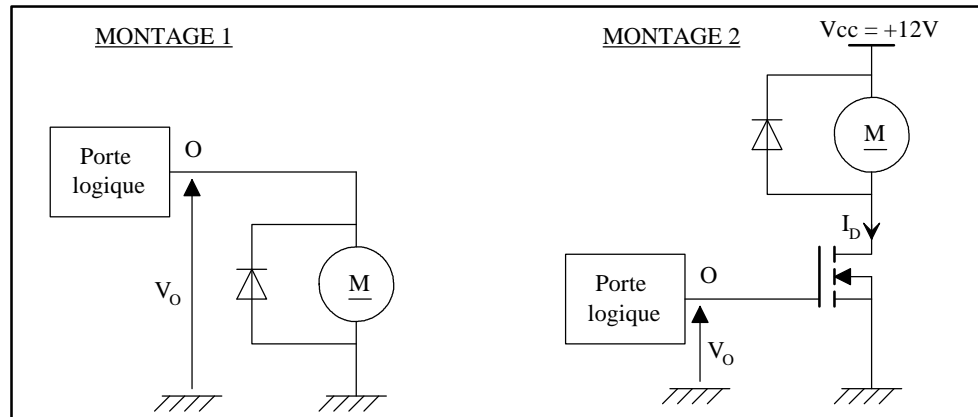
On veut alimenter un petit moteur (ϕ 63 mm) à courant continu par un signal issu de la sortie S d'une porte logique :

- Lorsque S est au niveau '1', le moteur doit tourner.
- Lorsque S est à '0', le moteur doit être à l'arrêt ($I_m = 0$).

On donne les caractéristiques des éléments du montage :

- Moteur : Tension d'alimentation : 12 V
Résistance : $1\ \Omega$
Vitesse de rotation : 1500 tr/min
Courant à vide : 0,4 A
- Porte logique : Tension de sortie à l'état '1', $V_{OH} = 12\text{V}$
Courant de sortie à l'état '1' : $I_{OH} = 5\text{ mA}$
- MOS IRF 540 : $2\text{ V} < V_{GS} < 4\text{ V}$
 $R_{DS(on) \text{ max}} = 0,052\ \Omega$
 $g_m = 11\text{ S}$

On propose deux montages d'alimentation :



Indiquer, en justifiant votre réponse, pourquoi le montage 1 ne peut pas être utilisé pour cette application :

Repérer sur le schéma structurel du montage 2 les broches G, S et D. Flécher les tensions V_{DS} et V_{GS} . Indiquer le type du transistor utilisé :

5.1.1. $V_o = 0\text{ V}$

Que vaut V_{GS} ? Quel est l'état du transistor ?

Que valent I_D et V_{DS} :

Quel est l'état du moteur :

5.1.2. $V_o = 12\text{ V}$

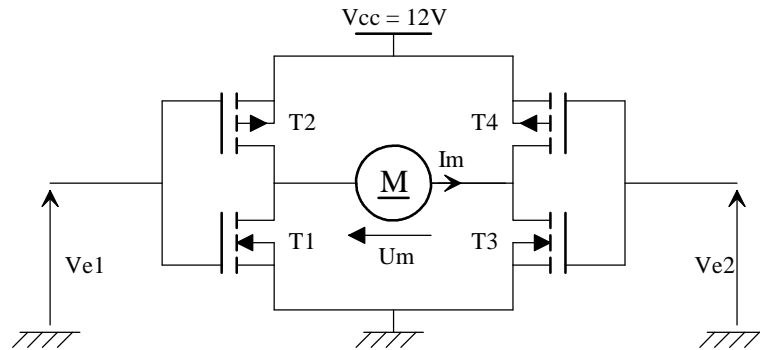
En supposant le transistor saturé, calculer le courant traversant le moteur au démarrage :

Calculer la valeur minimale que devra prendre V_{GS} pour assurer la saturation du transistor dans ce cas :

Le transistor est-il effectivement saturé ? Justifier votre réponse :

5.2. PONT EN H

On se propose d'étudier le montage PONT en H qui permet de commander la rotation du moteur à courant continu dans les deux sens :



On donne les caractéristiques des transistors :

- Pour les transistors canal N : $V_{GS\ th} = 2\ V$
- Pour les transistors canal P : $V_{GS\ th} = -2\ V$

5.2.1. ANALYSE PRÉPARATOIRE

Repérer sur le schéma structurel les broches G, S et D des transistors T1, T2, T3 et T4. Flêcher les tensions V_{GS1} , V_{GS2} , V_{GS3} , V_{GS4} .

Indiquer le type des transistors T1 et T3 :

Indiquer le type des transistors T2 et T4 :

Exprimer les tensions V_{GS1} et V_{GS2} en fonction de V_{cc} et V_{e1} :

Exprimer les tensions V_{GS3} et V_{GS4} en fonction de V_{cc} et V_{e2} :

5.2.2. CAS N°1 : $V_{e1} = V_{e2} = 0V$

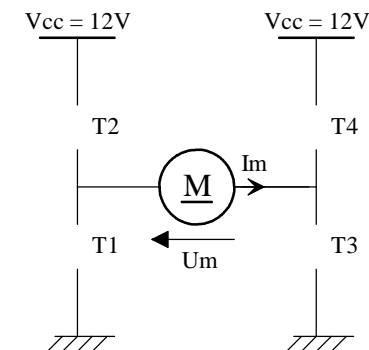
Calculer les valeurs de V_{GS1} et V_{GS2} :

En déduire le mode de fonctionnement de T1 et T2 (bloqué ou saturé) :

Calculer les valeurs de V_{GS3} et V_{GS4} :

En déduire le mode de fonctionnement de T3 et T4 (bloqué ou saturé) :

Donner le schéma équivalent au montage (remplacer T1, T2, T3 et T4 par des interrupteurs) :



En déduire la valeur de U_m et de I_m :

Préciser l'état du moteur :

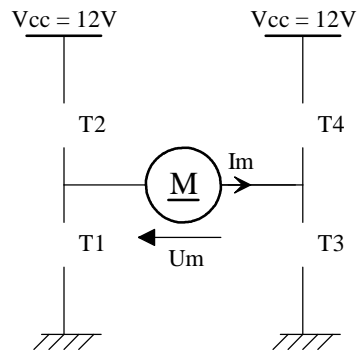
5.2.3• CAS N°2 : $V_{E1} = 12V$, $V_{E2} = 0V$ ✍ Calculer les valeurs de V_{GS1} et V_{GS2} :

✍ En déduire le mode de fonctionnement de T1 et T2 (bloqué ou saturé) :

✍ Calculer les valeurs de V_{GS3} et V_{GS4} :

✍ En déduire le mode de fonctionnement de T3 et T4 (bloqué ou saturé) :

✍ Donner le schéma équivalent au montage (remplacer T1, T2, T3 et T4 par des interrupteurs) :

✍ En déduire la valeur de U_m :

✍ Préciser l'état du moteur :

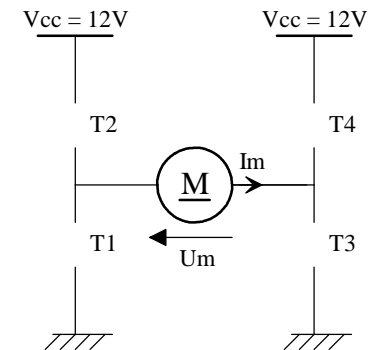
5.2.4• CAS N°3 : $V_{E1} = 12V$, $V_{E2} = 12V$ ✍ Calculer les valeurs de V_{GS1} et V_{GS2} :

✍ En déduire le mode de fonctionnement de T1 et T2 (bloqué ou saturé) :

✍ Calculer les valeurs de V_{GS3} et V_{GS4} :

✍ En déduire le mode de fonctionnement de T3 et T4 (bloqué ou saturé) :

✍ Donner le schéma équivalent au montage (remplacer T1, T2, T3 et T4 par des interrupteurs) :

✍ En déduire la valeur de U_m :

✍ Préciser l'état du moteur :

5.2.5• CAS N°4 : $V_{E1} = 0V$, $V_{E2} = 12V$

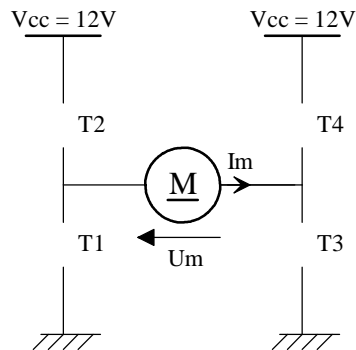
✎ Calculer les valeurs de V_{GS1} et V_{GS2} :

✎ En déduire le mode de fonctionnement de T1 et T2 (bloqué ou saturé) :

✎ Calculer les valeurs de V_{GS3} et V_{GS4} :

✎ En déduire le mode de fonctionnement de T3 et T4 (bloqué ou saturé) :

✎ Donner le schéma équivalent au montage (remplacer T1, T2, T3 et T4 par des interrupteurs) :



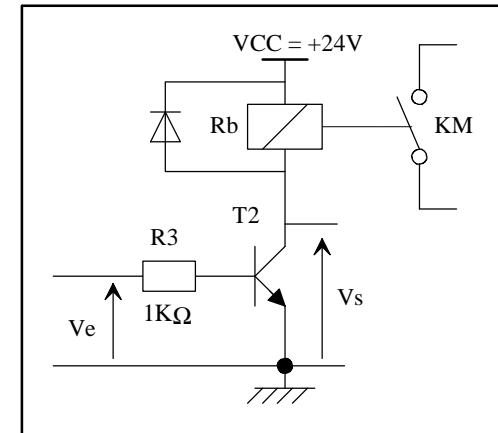
✎ En déduire la valeur de U_m :

✎ Préciser l'état du moteur :

5.3• TRANSISTOR BIPOLAIRE : COMMANDE D'UN RELAIS

On donne un exemple de schéma de commande d'un relais (pour une sortie TOR d'un automate par exemple).

La tension V_e provient de la sortie d'un circuit de technologie TTL (alimenté sous 5V). Elle ne peut donc prendre que deux valeurs (0 ou +5V). Le transistor T2 fonctionnera donc normalement en régime de commutation (bloqué / saturé).



Caractéristiques du relais :

$R_b = 120 \Omega$ (résistance de la bobine)

Caractéristiques du transistor :

$V_{ce \text{ sat}} = 0,1V$.

$V_{be \text{ sat}} = 0,8V$.

$100 < \beta < 200$.

5.3.1• ANALYSE QUALITATIVE


Flécher sur le schéma les courants I_b et I_c ainsi que les tensions V_{be} et V_{ce} .


Compléter le tableau suivant en indiquant l'état du transistor T2 et du contact KM du relais pour chacune des valeurs de V_e :


V_e (V)	état de T2 (bloqué / saturé)	Valeur de V_s	position du contact (ouverte / fermée)
0			
5			


5.3.2• VÉRIFICATION DE LA SATURATION DU TRANSISTOR


Cette analyse a pour but de vérifier que le transistor fonctionne effectivement en régime de commutation.


 Etablir l'expression de I_c en fonction des éléments du montage :


 Calculer I_c sat (en supposant que le transistor est saturé) :

 Rappeler la condition de saturation du transistor :

 Calculer I_b sat min (valeur minimale du courant de base assurant la saturation du transistor) :

 Etablir l'expression de I_b en fonction des éléments du montage :

 Calculer la valeur de I_b réel :

 Vérifier que la condition de saturation du transistor est réalisée :
