Caractéristiques de quelques dipôles : Passifs & Actifs

Situation déclenchante

Bilan

I- Introduction

1- Définitions & classification

- on appelle **dipôle** tout composant électrique ayant deux bornes ;
- un **dipôle passif** est un dipôle qui, branché seul au voltmètre, ne présente pas de tension à ses bornes ;
- un **dipôle actif** est un dipôle qui transforme l'énergie électrique en une autre forme d'énergie, ou inversement.

2. Propriétés

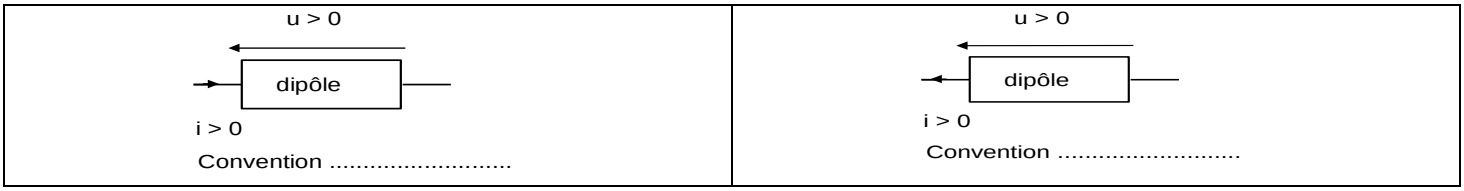
i) Un dipôle **passif** : dipôle dont la caractéristique statique passe par l'origine O ($U_0 = 0$ et $I_0 = 0$).
ii) Un dipôle **actif** : dipôle dont la caractéristique statique ne passe pas par l'origine O ($U_0 \neq 0$ et $I_0 \neq 0$).
iii) Un dipôle est linéaire si sa caractéristique est une droite affine.
iv) On dit qu'un dipôle est symétrique si sa caractéristique u(i) ou i(u) est telle qu'un changement de i en (-i) entraîne un changement de u en (-u). **Dans le cas contraire on dira que le dipôle est non symétrique.**

Exemples:

Les dipôles passifs	Les dipôles actifs
▪ **Résistances** ▪ **Toutes lampes électriques** ▪ **Diodes** ▪ **Bobines** ▪ **Condensateurs** ▪ **...**	▪ **Moteurs électriques** ▪ **Accumulateurs** ▪ **Cuves à électrolyse** ▪ **...**

4. Convention d'orientation

Soit un dipôle quelconque D, parcouru par un courant i positif et soumis à une tension u positive.
Si le sens de i est le même que le sens de la flèche associée à la tension u, on parle de convention générateur.
Dans le cas contraire, on parle de convention récepteur.



En général, on choisit la convention générateur pour un dipôle actif et la convention récepteur pour un dipôle passif.

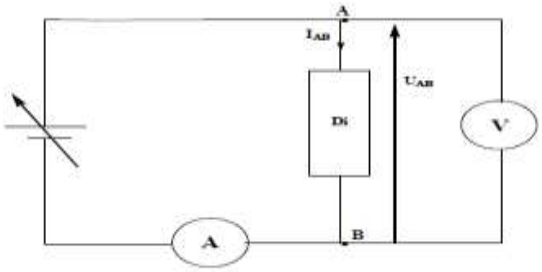
II- Dipôles passifs

1- Caractéristiques des dipôles passifs

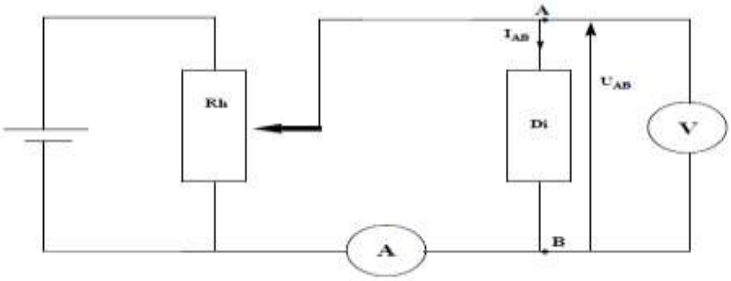
Il s'agit de dresser la caractéristique courant-tension de différents composants électriques.

!! Attention à ne pas dépasser les limites de fonctionnement des dipôles !!

1- 1- Montage expérimentale pour étudier la caractéristique des dipôles passifs



Montage générateur réglable



Montage diviseur de tension

1- 3- Méthode expérimentale

On varie $\mathbf{U_{AB}}$ par un diviseur de tension (ou générateur à tension réglable) donc $\mathbf{I_{AB}}$ varie également.

On arrête à augmenter la tension ou l'intensité du courant électrique et on ne dépasse pas les valeurs indiqué par le constructeur pour ne détériorer le dipôle. Le dipôle porte des valeurs de $\mathbf{U_{max}}$ ou $\mathbf{I_{max}}$ ou $\mathbf{P_{max}}$, on calcul la valeur inconnu en appliquant $\mathbf{P_{max} = U_{max} \times I_{max}}$.

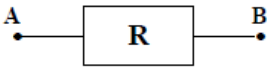
Pour étudier le dipôle **AB** au premier lieu le courant électrique circule de A à B, puis on inverse le dipôle dans le montage ou les bornes du générateur en tenant comptent la polarisation des appareillages de mesure.

2- Etude de quelques dipôles

2- 1- tableaux de mesures

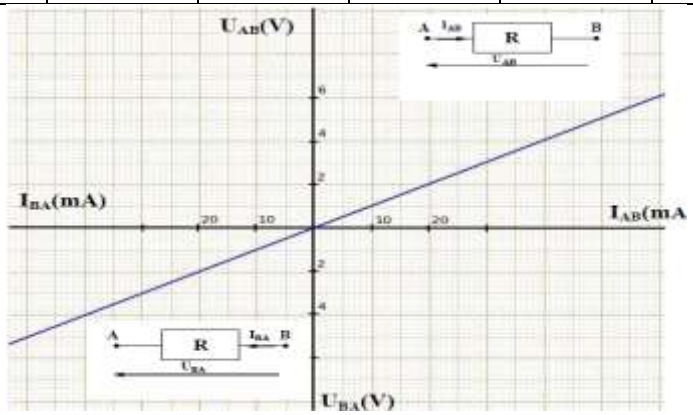
a) Le dipôle AB est un conducteur ohmique

On le symbolise par :



U_{AB}(V)	0	0.98	1.5	2	2.6	3	3.5	4.1
I_{AB}(mA)	0	9.8	15	21	25	30	34	40

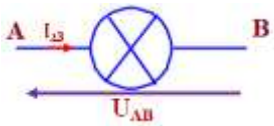
U_{BA}(V)	0.98	1.5	2	2.6	3	3.5	4.1
I_{BA}(mA)	9.8	15	21	25	30	34	40



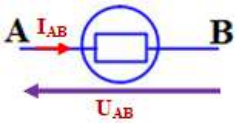
Conclusion : Le conducteur ohmique est un dipôle passif linéaire et symétrique.

b) Le dipôle AB est une lampe

On le symbolise par:



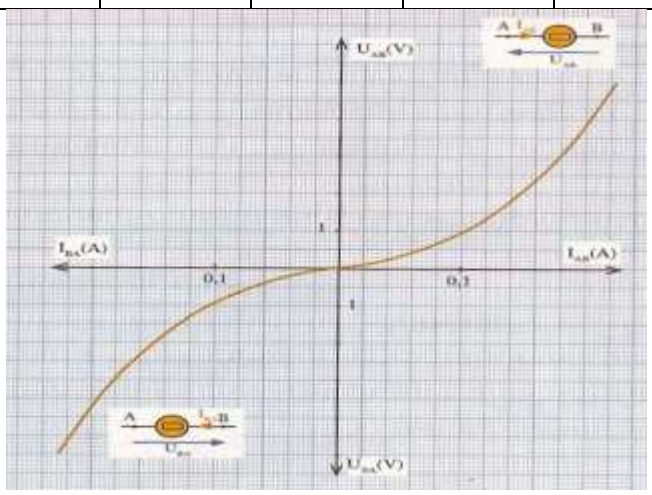
où



U_{AB}(V)	0	0.25	0.7	1	1.8	3	3.8	4.9
I_{AB}(mA)	0	0.04	0.08	0.1	0.14	0.18	0.2	0.22

U_{BA}(V)	0	0.25	0.7	1	1.8	3	3.8	4.9

I_{BA}(mA)	0	0.04	0.08	0.1	0.14	0.18	0.2	0.22

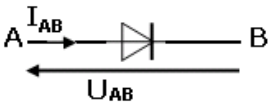


Conclusion : La lampe est un dipôle passif non linéaire mais symétrique.

c) Le dipôle AB est diode normale à jonction

La diode normale est constitué d'un semi-conducteur tel que : le Germanium, le silicium ou autres atomes dopés.

On le symbolise par :



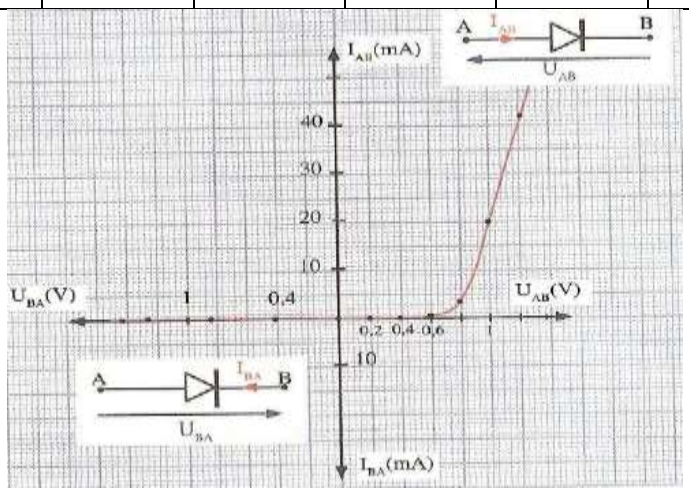
On nomme le sens de A à B le sens direct ou le sens passant de la diode.

On nomme le sens de B à A le sens indirect ou le sens bloquant de la diode.

Nous étudions essai le dipôle en silicium.

U_{AB}(V)	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1	1.2
I_{AB}(mA)	0	0	0	0	3.5	20	42

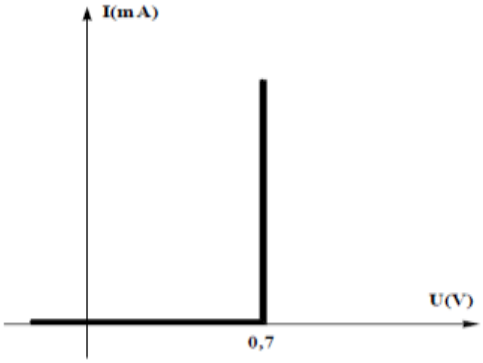
U_{BA}(V)	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1	1.2
I_{BA}(mA)	0	0	0	0	0	0	0

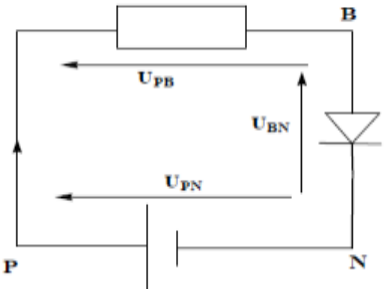


Conclusion : La diode est un dipôle passif non linéaire et asymétrique. Elle ne laissée passer le courant que dans le sens direct.

<u>Exercice d'application</u>

Le circuit ci-dessous est constitué d'un générateur monté en série avec une diode normale, sa caractéristique est représenté à coté, et un conducteur ohmique de résistance R. On donne : U_{PN} = 1.5 V.





1- Ecrire en fonction U_{PN} et R et la tension U_{BN}, l'expression de l'intensité de courant électrique circulant dans le circuit.

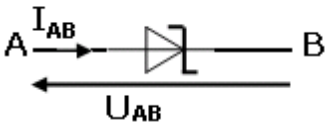
2- La mesure de l'intensité de courant électrique I = 25 mA :

2- 1- Déterminer U_{BN} sous laquelle fonctionne la diode.

2- 2- Calculer R la résistance de conducteur ohmique.

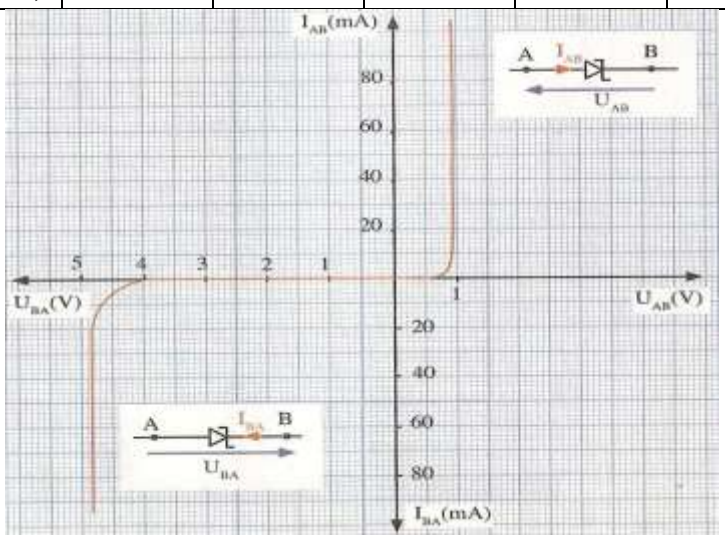
d) Le dipôle AB est diode Zéner

On le symbolise par :



U_{AB}(V)	0	0.2	0.3	0.4	0.6	0.7	0.8
I_{AB}(mA)	0	0	0	0	0	0	50

U_{BA}(V)	1	3	4	6	6.2
I_{BA}(mA)	0	0	0	40	80



Conclusion : La diode Zener est un dipôle passif non linéaire et asymétrique. Elle se comporte comme diode normale dans le sens direct, mais dans le sens inverse ne laissé passer le courant que pour $U \geq U_z$.

e- Diode électroluminescente (D.E.L)

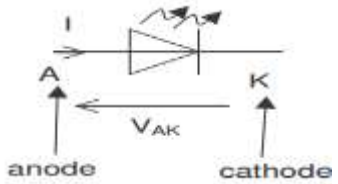
Une LED se comporte électriquement comme une diode. Pour émettre elle doit être **polarisée en direct**.

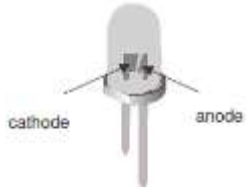
Lorsqu'elle est passante, la diode électroluminescente convertit une intensité de courant en une lumière d'une longueur d'onde (couleur) précise (rouge, vert, jaune, bleu,…).

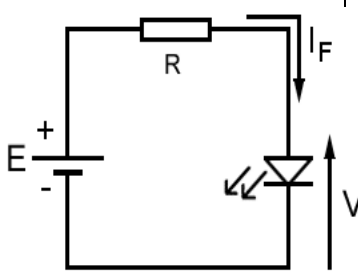
Lorsqu'elle est bloquée la diode est éteinte.

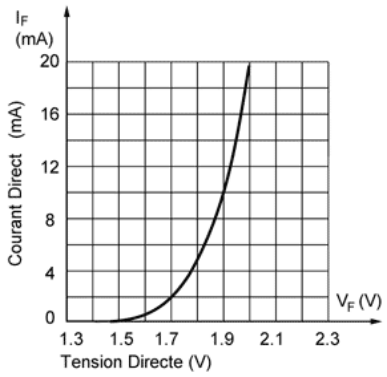
Les constructeurs précisent la valeur de la tension directe V_F (V_F = tension de seuil de la LED) et du courant I_F nécessaire à un bon éclairement.

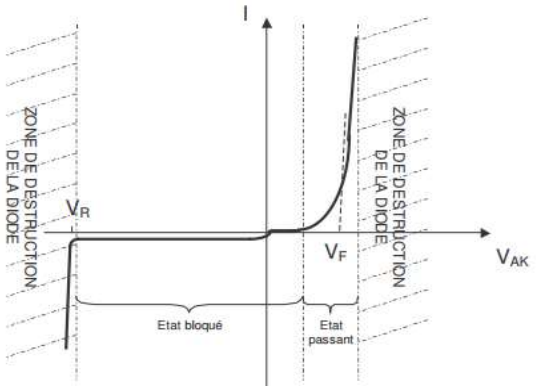
Symbole et convention de notation d'une diode :











La caractéristique $I_F(V_F)$ montre que la tension de conduction de la diode LED (forward voltage) est environ 1,5 volts à 2 V.

Domaines d'utilisation des Led

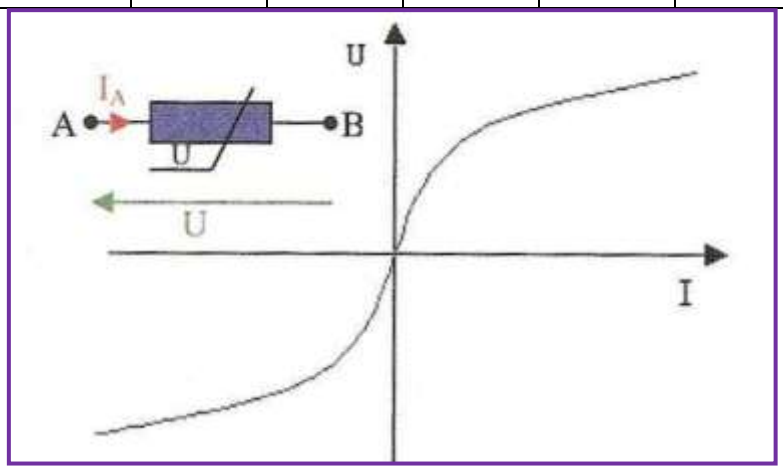
Aujourd'hui, la diode électroluminescente est un composant de plus en plus utilisé dans différents domaines tels que l'éclairage, les écrans de téléviseurs, les écrans d'**ordinateurs** ou la **décoration**. Certains estiment que cette technologie représentera plus de 75 % de **l'éclairage** en 2020.

f) Le dipôle AB est résistance variable avec la tension (V.D.R) ou varistance

V.D.R : Voltage Dependant Resistor

U_{AB}(V)	0	0.5	1	1.5	1.7	2	2.3	2.5	3
I_{AB}(mA)	0	138	178	220	210	230	240	260	280

U_{BA}(V)	0	0.5	1	1.5	1.7	2	2.3	2.5	3
I_{BA}(mA)	0	138	178	220	210	230	240	260	280

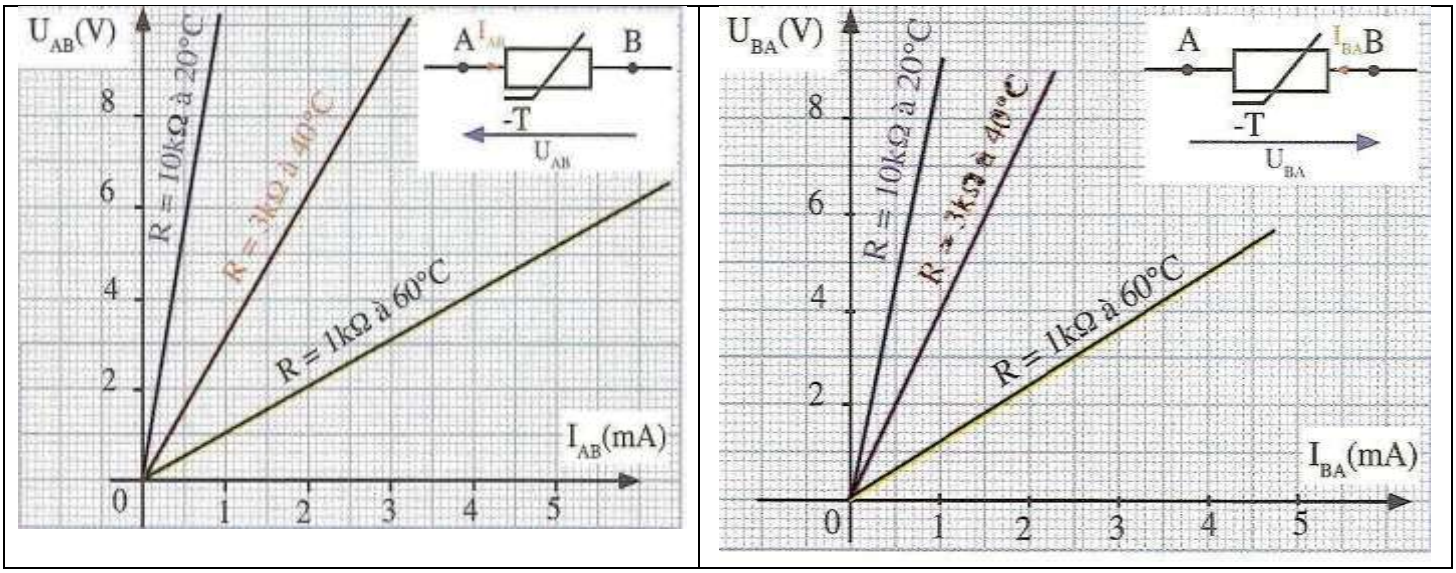


Caractéristique de varistance

Conclusion : La résistance V.D.R est un dipôle passif non linéaire mais symétrique, sa résistance varie avec la tension entre ces bornes.

g) Le dipôle AB est une thermistance

Les thermistances sont tout simplement des résistances qui ont la propriété de varier en fonction de la température. Branchées en série avec un générateur, présentant une résistance variable, elles se laissent traverser par un courant également variable, en fonction de leur température. On distingue deux types de thermistances : les thermistances à coefficient de température positif (CTP) et les thermistances à coefficient de température négatif (CTN).



- **Application**

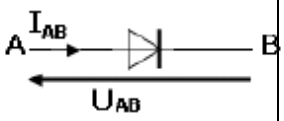
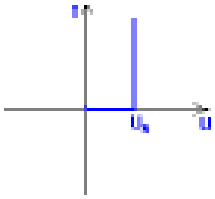
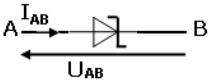
Les CTN sont utilisées notamment pour les mesures et le contrôle de la température, surveillance et contrôle de la température en milieux gazeux et aquatiques, Limiteur d'appel de courant, compensateur de la dérive thermique des circuits à transistors.

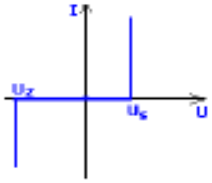
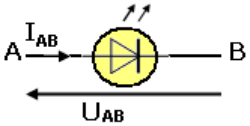
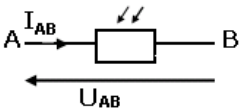
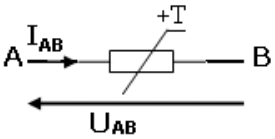
- **Conditions d'utilisation**

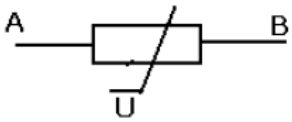
La CTN est une Résistance qui s'utilise entre -200 et 200°c .La résistance sera alors déterminée suivant les critères d'utilisation.

Conclusion : La thermistance est un dipôle passif linéaire et symétrique sa résistance varie avec la température.

2- 2- Résume

Type de dipôle	Nom	Symbole	Caractéristiques	Conclusion
Dipôle passif symétrique	Diode à jonction	 On nomme le sens de A à B le sens direct ou le sens passant. Le sens de B à A le sens indirect ou le sens Bloquant.	$U_{BA} > 0$: la diode est polarisée dans le sens inverse et l'intensité $I_{BA} = 0$, Elle se comporte comme interrupteur ouvert. $U_{BA} < 0$: la diode est polarisée dans le sens direct ; on distingue deux cas : * $0 < U_{AB} < U_s$ et $I_{AB} = 0$, la diode se comporte comme isolant. * $U_{AB} > U_s$ et $I_{AB} \neq 0$ la diode se comporte comme conducteur. U_s appelé tension seuil : la tension minimal dans laquelle l'intensité reste nulle. La caractéristique idéale est : 	La diode est un dipôle passif asymétrique. Elle ne laissée passer le courant que dans le sens direct.
	Diode Zener		La caractéristique asymétrique : * dans le sens direct la diode zener se comporte comme diode normale. * dans le sens indirect la diode zener résiste au premier lieu, mais elle devient conducteur lorsque la tension dépasse U_z : on nomme	* $-U_z > U_{AB} > U_s$: la diode zener est bloquant * $U_{BA} > U_z$ et $U_{AB} > U_s$: la diode zener est bloquant.

			ce phénomène par effet zener. La caractéristique idéale est : 	
	Diode électrolumine scente D.E.L		Dipôle non linéaire et asymétrique, se comporte comme diode normale seulement la tension seuil dépend de la lumière émise de la diode. * U_s = 1.8 V : Pour un **LED** rouge * U_s = 2.5 V : Pour un **LED** vert et jaune. * U_s = 2 V : Pour un **LED blanc**	
Dipôle passif asymétrique	Photorésistance		dipôle passif et symétrique, il se comporte comme conducteur ohmique ; sa résistance varie selon la luminescence recevant. Plus la luminescence est importante plus la résistance est petite. Plus la luminescence est faible (obscurité) plus la résistance est grande.	
	Thermorésistante		dipôle passif symétrique, sa résistance varie avec la température ; on distingue : * CTP : la thermistance à coefficient de température positif, sa résistance augmente avec	

			l'augmentation de la température. * CTN : la thermistance à coefficient de température négatif, sa résistance diminue avec l'augmentation de la température.	
	varistance		la caractéristique non linéaire passant par l'origine, elle se comporte indépendant de l'intensité circulant	V.D.R est dipôle symétrique

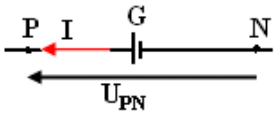
III- Dipôles actifs

1- Le générateur

1- 1- Définition

Un générateur est un dipôle actif fournissant de l'énergie électrique au reste d'un circuit fermé.

1- 2- Symbole



1- 3- Convention générateur

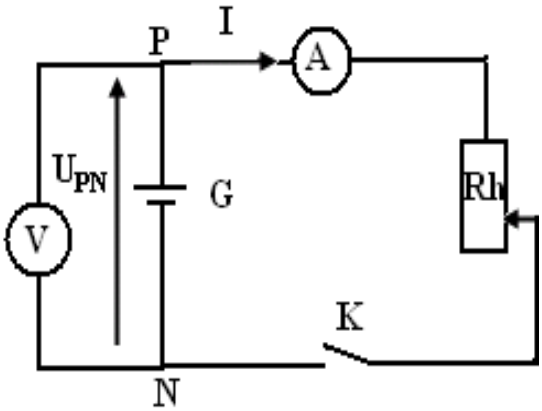
L'intensité et la tension ont même sens.

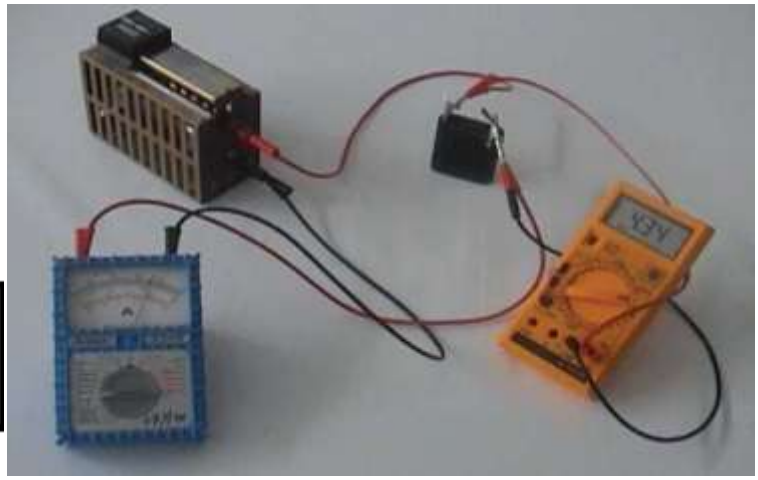
$U_{PN} = V_P - V_N > 0$ c.-à-d. $V_P > V_N$. Donc le courant électrique à l'intérieur des générateurs passe dans le sens des tensions électriques croissantes

1- 4- caractéristiques d'un dipôle actif linéaire

i) Caractéristique générateur : Pile

a) Montage expérimentale



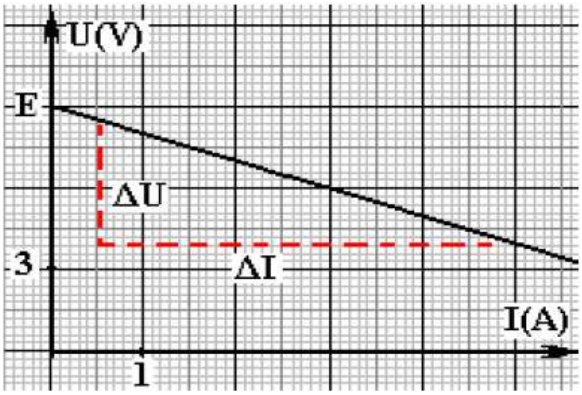


Lorsque l'interrupteur K est ouvert le voltmètre indique une valeur maximal U_{PN}, et lorsqu'on ferme K avec variation de la position du curseur de rhéostat, on observe que U_{PN} diminue avec augmentation de l'intensité du courant électrique.

b) Tableau de mesure

U_{PN} (V)	9	7.5	6	4.5
I (mA)	0	1.5	3	4.5

c) Traçage de la caractéristique : $U_{PN} = f(I)$



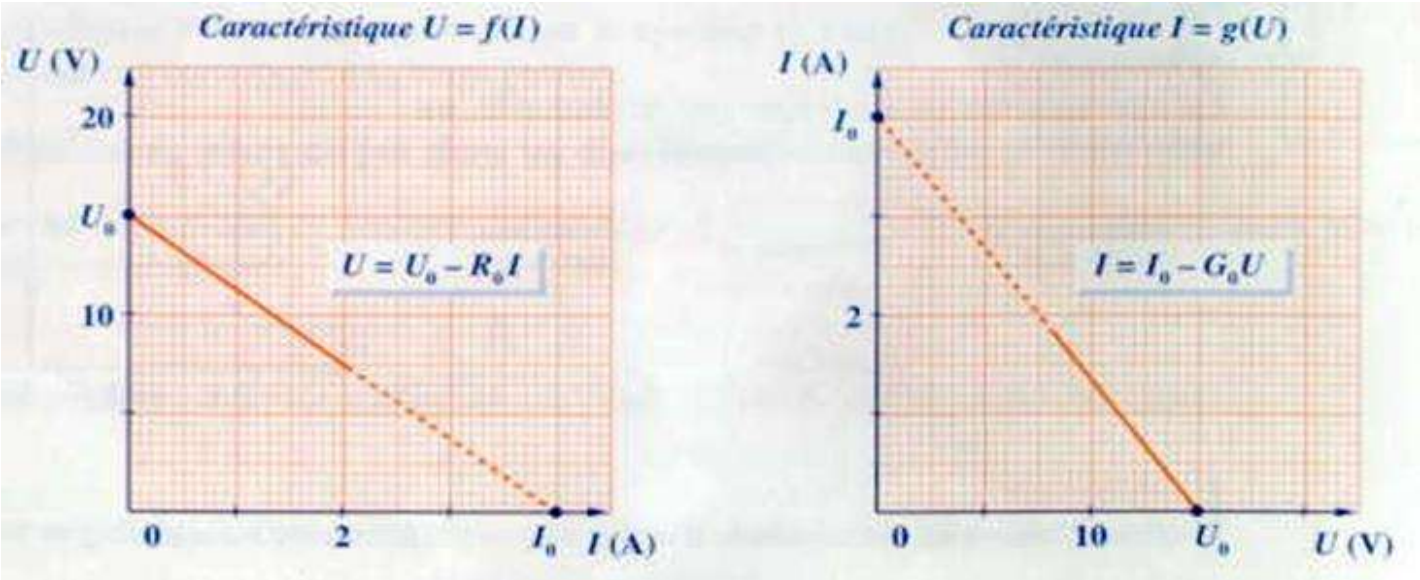
La caractéristique est portion de droite qui ne passe pas par l'origine, on dit que le pile est un dipôle actif linéaire.

L'équation de la caractéristique est : $\mathbf{U_{PN} = aI + b}$

Avec **a** le coefficient directeur de la droite $a = -\dfrac{\Delta U_{PN}}{\Delta I}$, Il a une dimension de la résistance.

b : l'ordonné à l'origine correspondant à **I = 0,** Il a une dimension de la tension.

On générale la caractéristique est de la forme ;



d) Loi d'Ohm pour un générateur

- **Signification physique de a et b.**

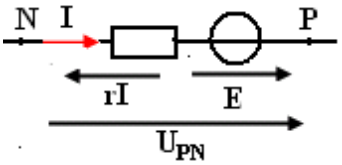
On pose **r = - a** , tel que r est la résistance interne du pile et on le définit par la valeur absolue du coefficient directeur de la caractéristique du pile : $r = \left|\dfrac{\Delta U_{PN}}{\Delta I}\right|$.

b : est la tension du pile lorsque courant est nul (circuit ouvert). Elle nommé la force électromotrice du pile (f.e.m) son symbole est **E**, **E** est la tension entre les bornes du pile lorsque le circuit est ouvert.

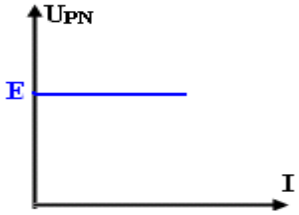
On écrit $\mathbf{E = U_{PN}}$ **si I = 0.**

Donc L'équation de la caractéristique de générateur s'écrit sous la forme : $U_{PN} = E - rI$: c'est la loi d'Ohm pour le générateur.

On représente donc le générateur comme suit :



Remarque 1: le générateur est considéré idéal sis a résistance interne est nulle.



Caractéristique d'un générateur idéal

1- 5- Court-circuit

Lorsqu'on relie les bornes d'un générateur par un fil, la température augmente avec disfonctionnement de la pile, ceci peut résulter des inflammations. On dit qu'on a créé un court-circuit du générateur utilisée.

dans un court-circuit la tension devient nulle c.à.d. $U_{PN} = 0 \Leftrightarrow E - rI_{cc} = 0$, donc $I_{CC} = \frac{E}{r}$.

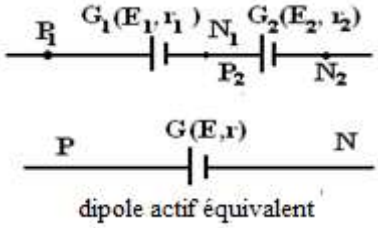
I_{cc} : l'intensité du court-circuit, pour la déterminer on prolonge la caractéristique, en gardant sa forme linéaire, et l'intersection de la droite avec l'axe des intensités est I_{cc}.

On peut écrire l'équation caractéristique d'un dipôle actif en utilisant la conductance à savoir que $g = \frac{1}{r}$ donc $\frac{1}{r}U_{PN} = \frac{E}{r} - I$ c.à.d. $gU_{PN} = I_{cc} - I$ par conséquent : $I = I_{cc} - gU_{PN}$

Remarque 2 : la caractéristique des générateurs réels ne reste linéaire si l'intensité du courant, avec laquelle le générateur alimente le circuit, augmente.

1- 6- Association des générateurs

1- 6- 1- Association en série



On applique la loi des associations des tensions P_1N_2 : on écrit

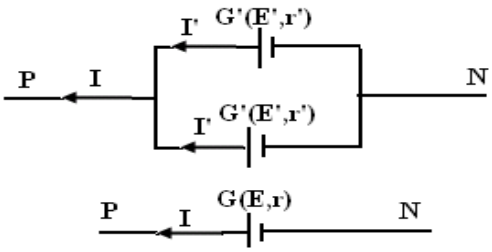
$$U_{P_1N_2} = U_{P_1N_1} + U_{P_2N_2} \quad \Rightarrow \quad E - rI = E_1 - r_1I + E_2 - r_2I = E_1 + E_2 - (r_1 + r_2)I$$

C.à.d. $E = E_1 + E_2$ et $r = r_1 + r_2$

Ce résultat peut généraliser à tous dipôles actifs montés en série :

"Le dipôle actif (E, r) équivalent à l'ensemble des dipôles actifs linéaires $G_1(E_1, r_1)$ et $G_2(E_2, r_2)$ et …..et $G_n(E_n, r_n)$ tel que $E = \sum_{i=1}^{i=n} E_i$ et $r = \sum_{i=1}^{i=n} r_i$.

1- 6- 2- Association en parallèle



d'après le schéma on écrit: $U_{PN} = E' - r'I'$, et on applique la loi des nœuds $2I' = I$ c.à.d.

$$I' = \frac{I}{2}$$

La tension entre les bornes de dipôle équivalent : $U_{PN} = E - rI$ tel que : $r = \frac{r'}{2}$ et $E = E'$.

Ce résultat peut généraliser à n dipôles actifs linéaires et identiques (E′, r′) **montés en parallèle:**

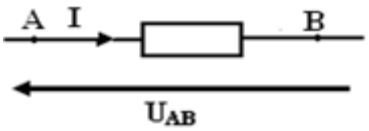
"Le dipôle actif (E, r) équivalent à l'ensemble des dipôles actifs linéaires et identiques (E′, r′) tel que $E = E'$ et $r = \frac{r'}{n}$.

2- Récepteur

2- 1- Définition

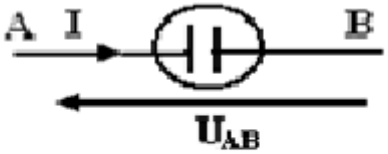
Le récepteur est un dipôle reçoit l'énergie électrique et la transformé en une autre forme d'énergie associe à une énergie calorifique.

Le symbole conventionnel d'un récepteur est:

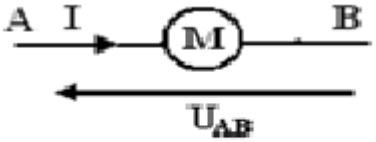


Convention récepteur

Exemple : Electrolyseur et moteur électrique



Le symbol conventionnel de l'électrolyseur

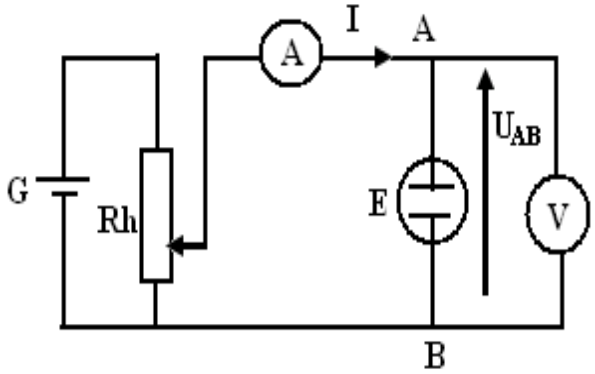


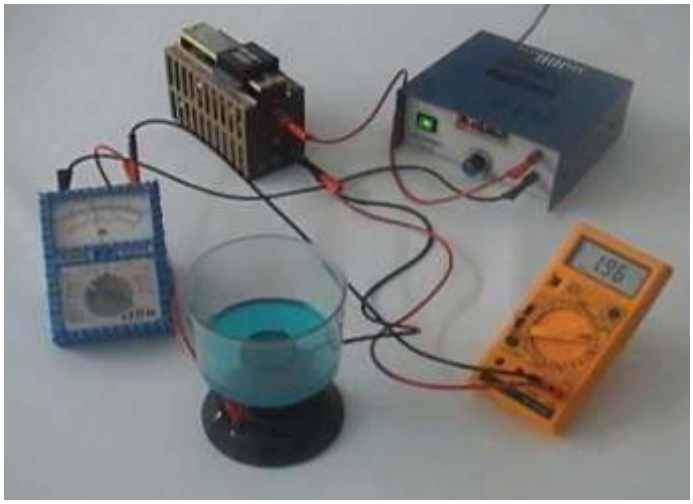
Le symbol conventionnel d'un moteur électrique

Dans la convention récepteur u et i ont de sens contraire.

2- 1- Caractéristique d'un récepteur : Electrolyseur

2- 1- 1- Montage électrique





2- 1- 2- Manipulation

On utilise comme électrolyte la solution de l'acide sulfurique et un rhéostat pour varier la tension U_{AB}, puis on enregistre dans un tableau les valeurs de l'intensité passant dans l'électrolyseur et la tension entre ces bornes.

2- 1- 3- Tableau de mesures

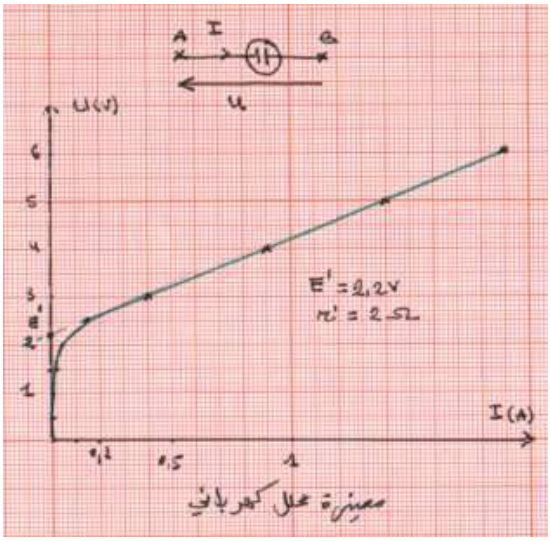
U_{PN} (V)	6	5	4	3	2.5	2	1.5	1	0.5
I (A)	1.9	1.4	0.9	0.3	0.14	0.06	0.02	0	0

a- Tracer la caractéristique intensité - tension, et représenter sa partie linéaire.

b- quelle est la signification physique du coefficient directeur ?
c- que représente le point d'intersection entre la droite est l'axe d'ordonné ?
d- Ecrire l'équation caractéristique du récepteur (Electrolyseur électrique).

Exploitation :

a- La caractéristique intensité - tension, et la représentation de sa partie linéaire.



On observe que la caractéristique $U_{AB} = f(I)$ non linéaire dans l'intervalle [0 , 0.14 A]. Pour I > 0.14 A la caractéristique $U_{AB} = f(I)$ est affine.

b- La signification physique de la valeur absolue du coefficient directeur : la résistance interne.

c- Le point d'intersection entre la droite est l'axe d'ordonné représente la force contre électromotrice.

d- L'équation de caractéristique du récepteur (Electrolyseur électrique) : $U_{AB} = E' + r'I$.

3- Le point de fonctionnement

3- 1- Définition

Avant de réalisé un montage électrique contenant un dipôle actif et autre passif, il faut connaitre la tension entre ces bornes et l'intensité I_F circulant dans les deux, afin d'éviter la détérioration de ces composants.

Le point $F(I_F, U_F)$ est appelé point de fonctionnement, on le détermine par deux méthodes :

i) Méthode graphique

On schématise les deux caractéristiques dans le même graphe en utilisant le même échelle. le point d'intersection représente $F(I_F, U_F)$.

ii) Méthode analytique

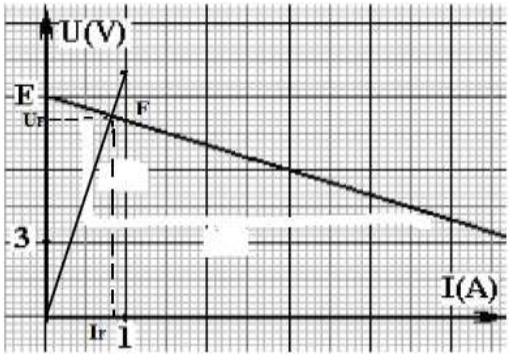
On l'utilise dans le cas des caractéristiques simples en cherchant le point d'intersection en résolvant un système d'équation caractérisant les dipôles.

3- 2- Association d'un conducteur ohmique et pile

On veut réaliser un circuit constitue d'un pile, déjà étudié, monté en série avec un conducteur ohmique de résistance R = 10 Ω.

Déterminer le point de fonctionnement en utilisant les deux méthodes.

i) Méthode graphique



Selon le graphique on trouve : $U_F = 8.2$ V et $I_F = 0.8$ A

ii) Méthode analytique

On a $U_{PN} = E - rI$, $U_{AB} = RI$ et $U_{PN} = U_{AB}$ c.à.d. $E - rI = RI$

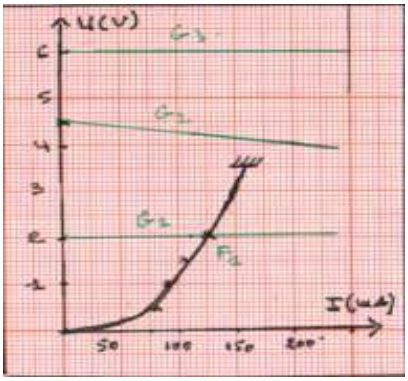
donc $I_F = \dfrac{E}{r + R}$ AN : $I_F = 0.8$ A et $U_F = 8.18$ V

3- 3- Association d'un dipôle actif linéaire avec un dipôle passif non linéaire

Pour déterminer le point de fonctionnement, dans ce cas, il faut utiliser la méthode graphique.

Exercice d'application : on a trois pile : G_1 (6 V, 0 W) , G_2 (4.5 V, 1.5 W) et G_3 (2 V, 0 W).

On veut relie une lampe avec la pile convenable.

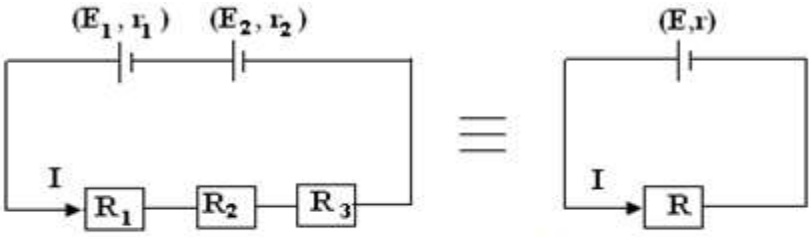


A partir des caractéristiques des dipôles quel est la pile convenable qu'on utilise ?

Réponse : A partir de graphe, on observe que la lampe s'allume dans cas 3, par contre les piles G_1 et G_2 détériorent la lampe car ces caractéristiques ne coupe pas la caractéristique de la lampe.

4- Loi de Pouillet

i) On considère le montage suivant :



Montage équivalent

Pour le montage équivalent, on a:

$$\left.\begin{aligned} E &= E_1 + E_2 \\ R &= R_1 + R_2 + R_3 \\ r &= r_1 + r_2 \end{aligned}\right\}$$

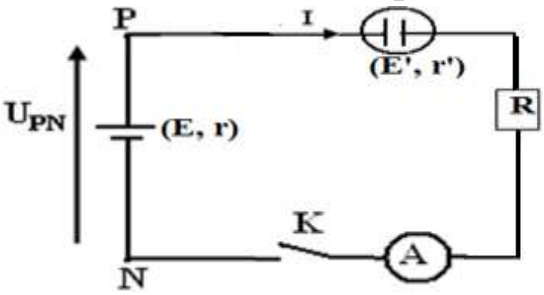
donc

$$I = \frac{E}{R + r} = \frac{E_1 + E_2}{R_1 + R_2 + R_3 + r_1 + r_2}$$

Ce résultat se généralise pour une intensité du courant circulant dans un circuit ou les composantes sont montées en série, on l'exprime par la relation suivante :

$$I = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} E_i}{\sum_{j=1}^{j=P} R_j + \sum_{i=1}^{i=n} r_i}$$

ii) exemple d'une association d'un conducteur ohmique et un récepteur :

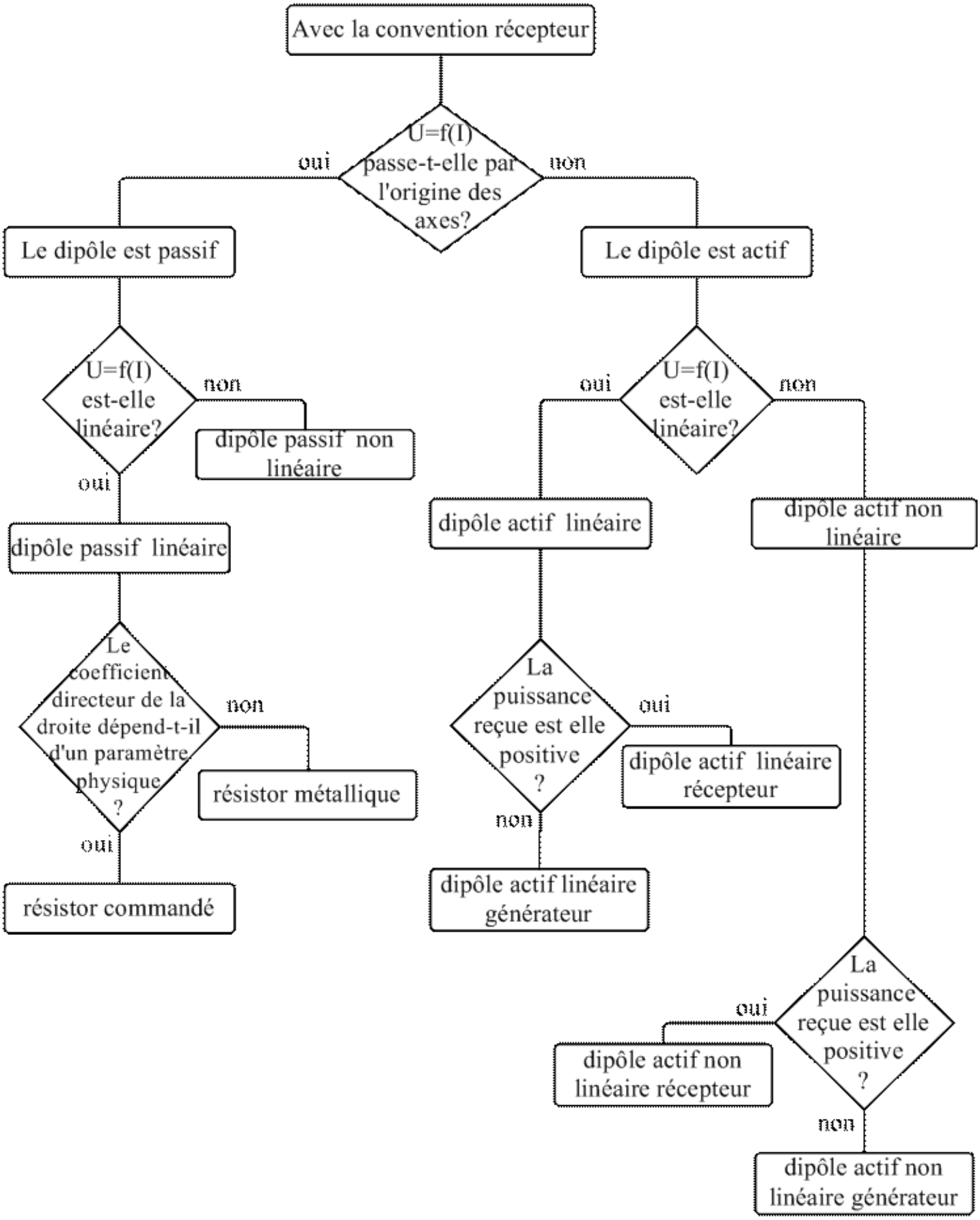


$$I = \frac{E - E'}{R + r + r'}$$

Ce résultat se généralise pour une intensité du courant circulant dans un circuit ou les composantes sont montées en série, on l'exprime par la relation suivante :

$$I = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} E_i - \sum_{k=1}^{k=q} E_k}{\sum_{j=1}^{j=p} R_j + \sum_{i=1}^{i=n} r_i + \sum_{k=1}^{k=q} r'_k}$$

IV- Organigramme pour classer les dipôles en fonction de U=f(I)



V- Application