

Un nouvel outil pédagogique dans l'enseignement de l'électricité et de l'électronique : le micro-ordinateur

par R. LAGOUTTE et M.-L. MAS,
C.F.A.P.I. (Université de Jussieu) (*)
J.-C. RAYMOND et F. SOURDILLAT,
C.R.E.E.M. (C.N.A.M.) (**).

Les méthodes graphiques sont indispensables dans l'étude de l'électronique.

Leur introduction dans les programmes d'électricité de seconde date maintenant de quelques années mais il ne semble pas que les buts recherchés soient toujours bien atteints.

La liaison entre état physique et représentation graphique se fait souvent mal : les élèves en travaux pratiques tracent laborieusement des courbes dont ils ne savent ensuite pas quoi faire ; en cours, ils utilisent des courbes et des méthodes graphiques en oubliant finalement leur signification physique.

Nous pensons que, dans une première approche, il faudrait que la représentation graphique (point de fonctionnement, caractéristique, droite de charge...) se fasse automatiquement en suivant l'état physique du dispositif.

Ceci est possible avec un micro-ordinateur : nous avons utilisé une interface, réalisée au C.N.A.M., qui permet à l'ordinateur d'effectuer directement les mesures sur le montage ; par un logiciel adapté, les résultats sont traités et on obtient une représentation graphique quasi instantanément à l'écran.

Cette traduction graphique rapide par le micro-ordinateur pourrait être utilisée ponctuellement lors d'expériences de cours où l'approche graphique est fondamentale ; mais il serait souhai-

(*) C.F.A.P.I. : Centre de Formation aux Applications Pédagogiques de l'Informatique.

(**) C.R.E.E.M. : Centre de Recherche et d'Expérimentation pour l'Enseignement des Mathématiques.

table que les élèves puissent l'utiliser eux-mêmes en séances de T.P.

L'utilisation du logiciel correspondant ne nécessite pas de connaissances informatiques particulières. Les différentes étapes des expériences décrites correspondent chacune à un module du logiciel ; ces modules se succèdent au rythme souhaité par l'élève ou le professeur, suivant l'avancement de la manipulation ou du cours. Il s'agit donc d'expériences que l'on peut intégrer à un cours ou un T.P. de la même façon que les expériences classiques.

Les points suivants, développés ci-après, peuvent servir d'exemples d'utilisation :

- étude des dipôles passifs : notion de point de fonctionnement, caractéristique ;
- étude des dipôles actifs : point de fonctionnement, caractéristique, droite de charge ;
- association dipôle actif - dipôle passif : déplacement du point de fonctionnement ;
- stabilisateur de tension simplifié.

Tous les tracés de courbes et d'axes sont des copies d'écran obtenues sur une petite imprimante thermique, ce qui explique leur qualité moyenne. De plus ils ne rendent évidemment pas compte de l'aspect dynamique du graphique qui constitue l'apport original de l'ordinateur.

DIPOLE PASSIF.

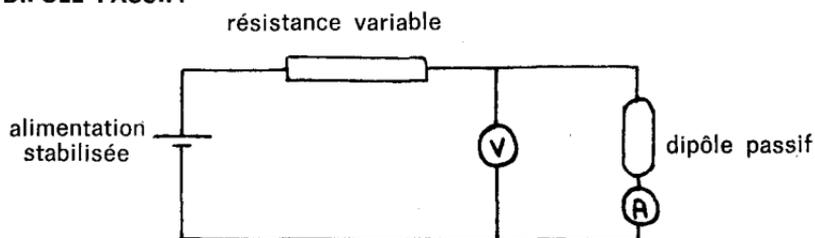


Fig. 1. — cf. annexe : branchement ordinateur.

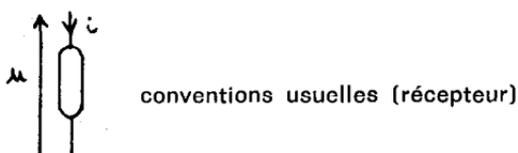


Fig. 2

conventions usuelles (récepteur)

* Les valeurs de u et de i mesurées par le voltmètre et l'ampèremètre caractérisent l'état électrique du dipôle. Ces valeurs sont mesurées par l'ordinateur et affichées sur l'écran : l'ordinateur est utilisé comme appareil de mesure.

* Un système d'axes dont les graduations correspondent aux calibres choisis apparaît sur l'écran. Dans ce système d'axes, le point de coordonnées (U, I) est représenté : c'est le point de fonctionnement du dipôle, correspondant à son état électrique.

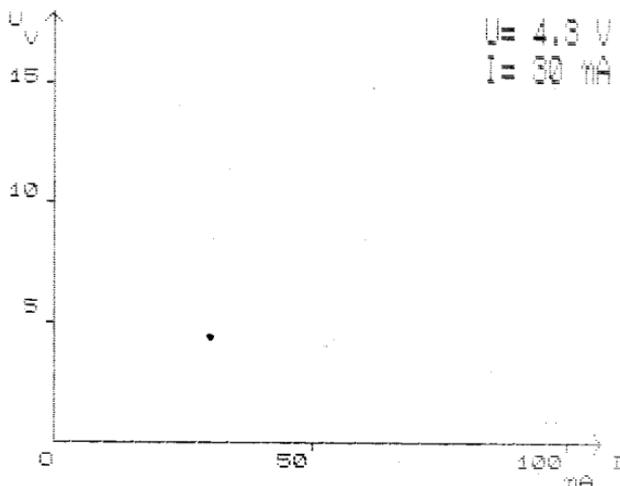


Fig. 3. — Point de fonctionnement d'un dipôle.

* Une modification de la tension d'alimentation provoque une variation de u et i dont les nouvelles valeurs sont affichées. Le point de fonctionnement du dipôle se déplace : à chaque état électrique du dipôle correspond un point de fonctionnement.

En inversant les bornes de l'alimentation, on obtient les valeurs négatives à l'affichage et sur le graphique.

* Il est possible de conserver sur l'écran les points de fonctionnement précédents :

- point par point, en appuyant sur une touche pour mémoriser le point choisi ;
- en continu, tous les points sont enregistrés.

L'ensemble des points de fonctionnement apparaît ainsi naturellement, introduisant la notion de caractéristiques (fig. 4 et 5).

* En changeant de dipôle, on obtient rapidement plusieurs caractéristiques de dipôles passifs (linéaires, non linéaires, symétriques...).

Remarque :

Un signal sonore indique le dépassement des limites en intensité et tension et montre ainsi que la caractéristique est bornée.

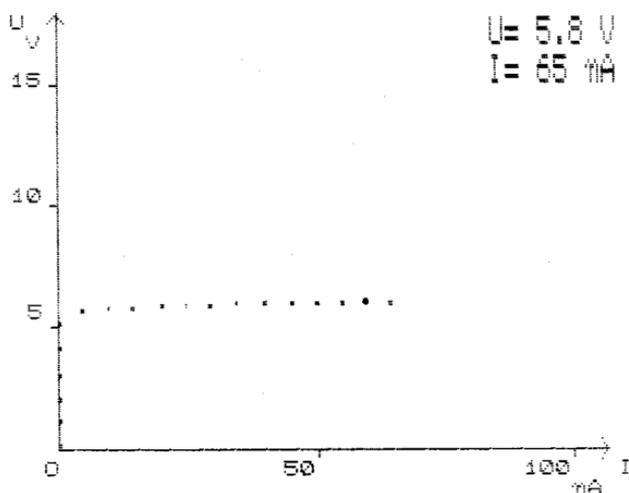


Fig. 4. — Diode Zener.

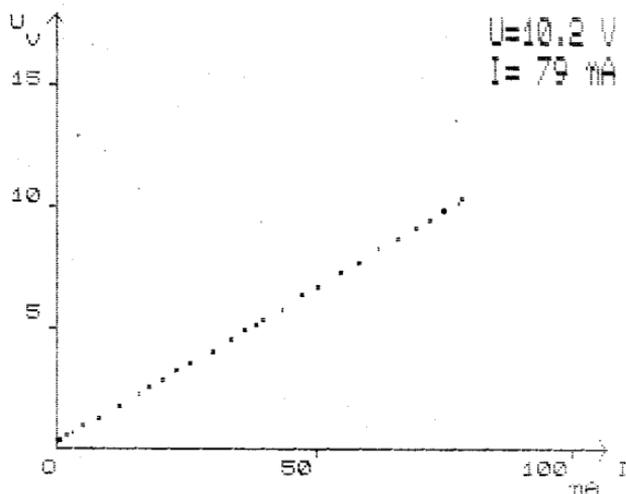


Fig. 5. — Résistance.

DIPÔLE ACTIF.

* Point de fonctionnement, caractéristique : même mode de présentation que pour le dipôle passif.

Le dispositif est particulièrement intéressant pour mettre en évidence le point de fonctionnement à vide et le point de fonctionnement en court-circuit. A l'aide d'un fil ou d'un interrupteur, on verra sur l'écran le point de fonctionnement passer de l'un à l'autre.

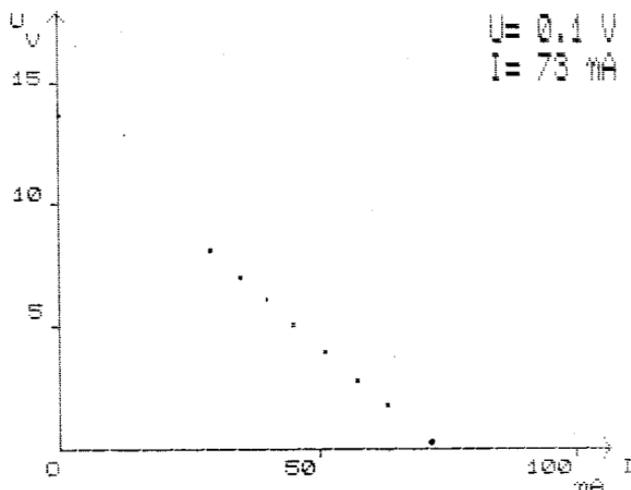


Fig. 6. — Caractéristique d'un dipôle actif.

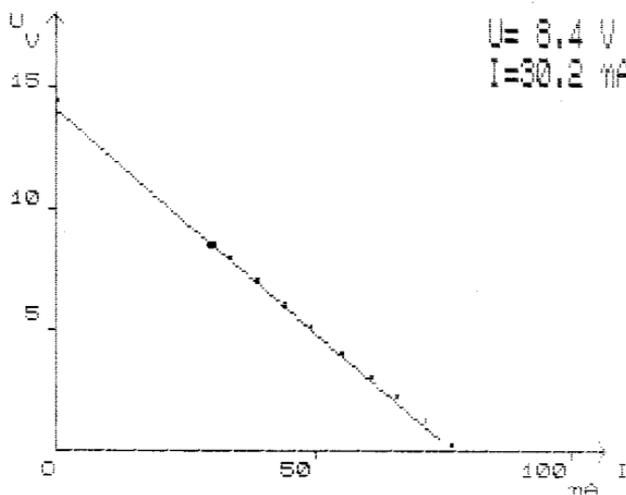


Fig. 7. — Droite de charge.

Dans le cas d'un dipôle actif linéaire (exemple : alimentation stabilisée en série avec une résistance), la caractéristique est une droite, la droite de charge. Exploitation classique : f.é.m., résistance interne, schéma équivalent.

* Visualisation rapide de la droite de charge.

Dans le cas des alimentations en électronique, il est intéressant de montrer le déplacement de la droite de charge en agissant sur l'alimentation ou la résistance. Nous avons doté l'interface d'un court-circuit commandé par programme qui permet à l'ordinateur de mesurer l'intensité de court-circuit. L'ordinateur mesure aussi la f.é.m. directement sur l'alimentation et peut donc tracer la droite de charge. On peut ainsi montrer aux élèves la caractéristique obtenue point par point et celle calculée par l'ordinateur (fig. 6 et 7).

BRANCHEMENT D'UN DIPOLE PASSIF SUR UN DIPOLE ACTIF.

Montage classique avec alimentation stabilisée, résistance et par exemple une diode Zener.

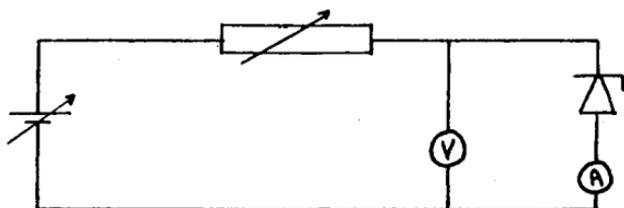


Fig. 8

* Détermination du point de fonctionnement : on peut guider les élèves vers la solution :

- en faisant apparaître la caractéristique de la Zener,
- en faisant apparaître la droite de charge,
- en particulierisant le point de fonctionnement dont les coordonnées sont à comparer avec les valeurs de u et de i affichées (fig. 9).

* Déplacement de la droite de charge :

- par variation de la f.é.m. (fig. 10). On peut garder les différentes droites ou en visualiser une seule,
- par variation de la résistance (fig. 11).

Le tracé de la droite de charge suit instantanément (en temps réel) les modifications du circuit. Cela se traduit dans les deux cas par un déplacement du point de fonctionnement. C'est, en

fait, la méthode utilisée implicitement pour le tracé de la caractéristique d'un dipôle passif.

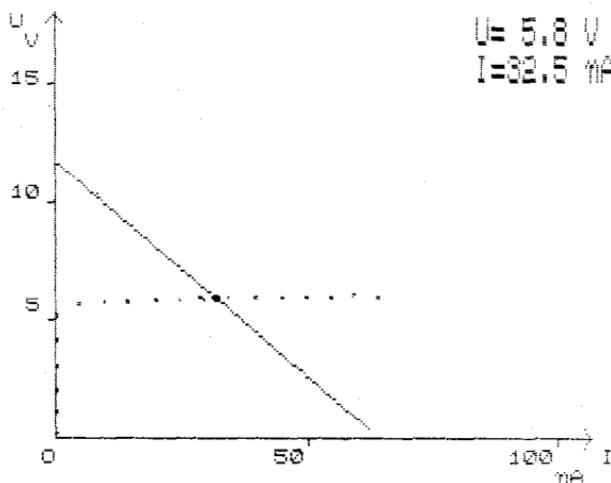


Fig. 9. — Droite de charge, caractéristique, point de fonctionnement.

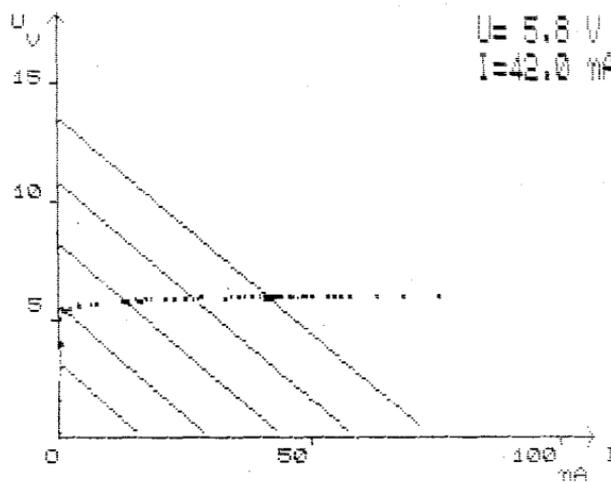


Fig. 10. — Droites de charge pour différentes valeurs de la f.é.m.

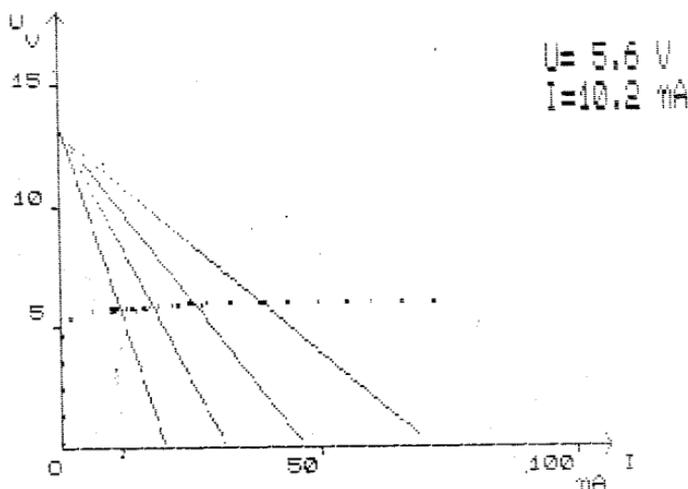


Fig. 11. — Droites de charge pour différentes valeurs de la résistance.

ETUDE D'UN STABILISATEUR DE TENSION SIMPLIFIÉ.

* Les redresseurs délivrent une tension variable unidirectionnelle. La stabilisation doit rendre cette tension continue.

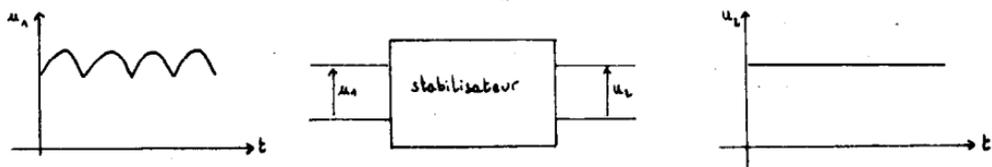


Fig. 12

* Le montage est celui du paragraphe précédent ; u_1 est simulé par l'alimentation que l'on fait varier manuellement.

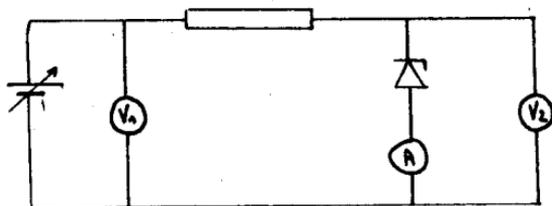


Fig. 13

Il y a stabilisation si le point de fonctionnement de la diode Zener reste sur la partie horizontale de sa caractéristique.

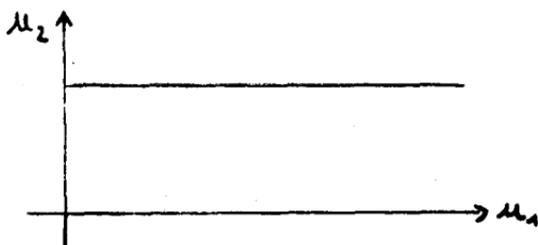


Fig. 14

* Caractéristique de transfert.

Un stabilisateur parfait donnerait $u_2 = \text{cste}$ quelque soit u_1 .

L'ordinateur nous montre la courbe $u_2(u_1)$ du stabilisateur réel (fig. 15).

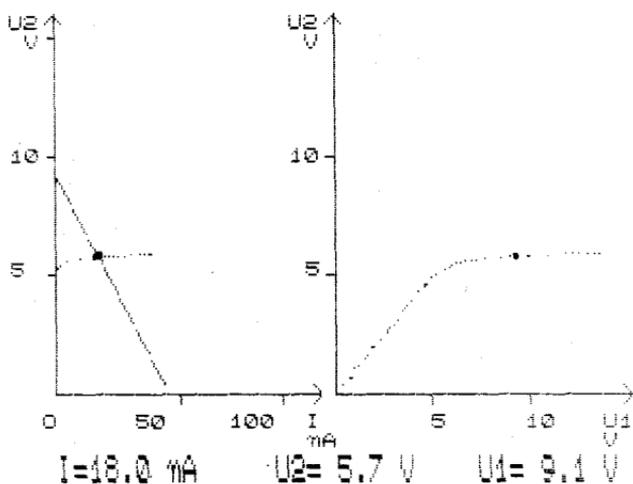


Fig. 15. — Caractéristique de transfert du stabilisateur et point de fonctionnement de la Zener.

Un signal sonore indique le courant maximum dans le Zener.

En visualisant simultanément la caractéristique de la Zener et la droite de charge d'une part, la caractéristique de transfert d'autre part, on constate immédiatement que (fig. 15) :

si $u_1 < u_2$ il n'y a pas stabilisation,

si $u_1 > u_2$ il y a stabilisation et limitation par le courant maximum dans la Zener.

CONCLUSION.

L'ordinateur en tant qu'appareil de mesures et de visualisation, présente un certain nombre de qualités originales :

- Grand écran (format téléviseur grand public).
- Tracé d'axes et d'échelles.
- Passage naturel des points aux courbes.
- Possibilité de reproduction de l'écran sur papier par imprimante.
- Tracé rapide de plusieurs courbes.
- Tracé simultané de deux courbes indépendantes.
- Affichage de valeurs numériques.
- Affichage de messages (et émission de messages sonores).
- Traitement numérique des résultats.

Signalons qu'il ne s'agit pas d'un appareil de mesures à proprement parler (précision de l'ordre de 1/100) mais d'un outil pédagogique qui enrichit la présentation du cours d'électricité de seconde.

Le même appareillage a été utilisé pour d'autres utilisations :

- visualisation en temps réel de la courbe d'amortissement d'un pendule,
- simulation du fonctionnement de circuits logiques.

Nous envisageons une application des principes décrits dans cet article à l'étude des transistors (points de fonctionnement, droite de charge, fonctionnement en commutation et en amplification).

Par ailleurs, nous étudions un dispositif de vérification automatique des montages en travaux pratiques d'électricité.

ANNEXE :
APPAREILLAGE UTILISE (*)

* Interface de mesure.

— Reliée à l'ordinateur par la voie de transmission série (voie « V 24 » répandue sur la majorité des ordinateurs).

— 16 entrées analogiques de sensibilités comprises entre 100 mV et 50 mV.

— 16 sorties tout ou rien (TTL collecteur ouvert).

Pour nos mesures, nous avons utilisé une sortie tout ou rien (commande du court-circuit), deux entrées 15 V (mesure de la f.é.m. et de la tension), une entrée 100 mV (utilisée pour la mesure de l'intensité).

* Ordinateur.

Nous avons choisi de travailler avec le micro-ordinateur THOMSON TO7 qui offre un compromis raisonnable prix - performance et dont on attend une large diffusion dans l'Education Nationale.

Tout ordinateur possédant une voie V 24 et un graphisme haute résolution conviendrait aussi bien.

(*) Pour toute information, s'adresser à R. LAGOUTTE, Lycée Technique Gustave-Eiffel, 61, avenue Wilson, 94 Cachan.