

# Pratique de l'oscilloscope numérique

EN **30** FICHES-OUTILS



# Pratique de l'oscilloscope numérique

CAHIERS TECHNIQUES

>> EN **30** FICHES-OUTILS <<

Pierre Mayé

DUNOD

Tout le catalogue sur  
[www.dunod.com](http://www.dunod.com)



Le pictogramme qui figure ci-contre mérite une explication. Son objet est d'alerter le lecteur sur la menace que représente pour l'avenir de l'écrit, particulièrement dans le domaine de l'édition technique et universitaire, le développement massif du photocopillage.

Le Code de la propriété intellectuelle du 1<sup>er</sup> juillet 1992 interdit en effet expressément la photocopie à usage collectif sans autorisation des ayants droit. Or, cette pratique

s'est généralisée dans les établissements

d'enseignement supérieur, provoquant une baisse brutale des achats de livres et de revues, au point que la possibilité même pour

les auteurs de créer des œuvres nouvelles et de les faire éditer correctement est aujourd'hui menacée.

Nous rappelons donc que toute reproduction, partielle ou totale, de la présente publication est interdite sans autorisation de l'auteur, de son éditeur ou du

Centre français d'exploitation du droit de copie (CFC, 20, rue des Grands-Augustins, 75006 Paris).



© Dunod, 2015

5 rue Laromiguière, 75005 Paris

[www.dunod.com](http://www.dunod.com)

ISBN 978-2-10-073865-6

Le Code de la propriété intellectuelle n'autorisant, aux termes de l'article L. 122-5, 2° et 3° a), d'une part, que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective » et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, « toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite » (art. L. 122-4).

Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles L. 335-2 et suivants du Code de la propriété intellectuelle.

Ces fiches de la collection « Cahiers techniques » sont consacrées aux **oscilloscopes numériques**. Elles sont destinées à tout utilisateur potentiel possédant quelques notions de base en génie électrique.

Le **mode d'emploi** de l'oscilloscope numérique est détaillé, ainsi que la description des principales **mesures** et **visualisations** qu'il est possible de réaliser. De nombreux **exemples**, puisés dans des domaines d'application variés, permettent au lecteur de mettre en pratique ses connaissances.

Ces **30 fiches-outils** sont des mémentos et ne constituent pas un cours sur les oscilloscopes numériques.

Les fiches-outils sont structurées en sections :

- **Objectif** : précise l'objectif de la fiche ;
- **Repères** : apporte les éléments techniques ;
- **Savoir-faire** : détaille l'activité ;
- **En pratique** : fournit des exemples.

Un index détaillé et intuitif clôt cet ouvrage.

# SOMMAIRE

Avant-propos.....	3
Les cahiers techniques, mode d'emploi.....	7
Présentation de l'oscilloscope numérique.....	8
<b>Fiche 1</b> Liaisons entre un oscilloscope et le circuit à étudier .....	14
<b>Fiche 2</b> Masse et terre .....	28
<b>Fiche 3</b> Mesure d'une tension continue.....	36
<b>Fiche 4</b> Influence de la résistance d'entrée de l'oscilloscope.....	40
<b>Fiche 5</b> Visualisation d'une tension périodique.....	44
<b>Fiche 6</b> Mesure des paramètres d'une tension .....	48
<b>Fiche 7</b> Visualisation de plusieurs tensions périodiques ....	56
<b>Fiche 8</b> Visualisation de la composante alternative d'une tension.....	60
<b>Fiche 9</b> Utilisation d'une sonde atténuatrice .....	68
<b>Fiche 10</b> Influence de l'impédance d'entrée de l'oscilloscope.....	74
<b>Fiche 11</b> Utilisation d'une sonde compensée.....	82
<b>Fiche 12</b> Visualisation d'une tension non périodique.....	90
<b>Fiche 13</b> Visualisation d'une tension modulée.....	96
<b>Fiche 14</b> Visualisation de la courbe d'un courant à l'aide d'une résistance .....	102
<b>Fiche 15</b> Visualisation d'un courant variable à l'aide d'une sonde de courant.....	108
<b>Fiche 16</b> Mesure de déphasage.....	114
<b>Fiche 17</b> Méthode de Lissajous.....	120
<b>Fiche 18</b> Relevé d'une caractéristique de transfert.....	124
<b>Fiche 19</b> Mesures de puissances .....	128
<b>Fiche 20</b> Utilisation du mode défilement.....	134
<b>Fiche 21</b> Mesure d'une amplification .....	136

<b>Fiche 22</b> Mesure d'une résistance d'entrée et d'une capacité d'entrée .....	140
<b>Fiche 23</b> Mesure d'une résistance de sortie .....	150
<b>Fiche 24</b> Mesure d'une fréquence de coupure .....	154
<b>Fiche 25</b> Relevé d'une courbe de réponse en fréquence .....	162
<b>Fiche 26</b> Mesure de la vitesse des ultrasons .....	166
<b>Fiche 27</b> Mesure de la vitesse d'une onde électromagnétique dans un câble .....	172
<b>Fiche 28</b> Adaptation d'impédance dans un câble.....	180
<b>Fiche 29</b> Utilisation de la synchronisation TV.....	186
<b>Fiche 30</b> Analyse spectrale.....	190
Index.....	195





# LES CAHIERS TECHNIQUES, MODE D'EMPLOI

Une signalétique claire

FICHE 1

## LIAISONS ENTRE UN OSCILLOSCOPE ET LE CIRCUIT À ÉTUDIER

Mise en avant de l'objectif de la fiche

**Objectifs**  
 Présenter les moyens pouvant être utilisés pour relier un oscilloscope et le circuit à étudier.  
 Comparer les avantages et les inconvénients de ces différentes solutions.

### REPERES

Une partie Repères pour définir les bases



Figure 1.1 Connecteur BNC d'une voie d'oscilloscope.

Un oscilloscope permet de visualiser des tensions en fonction du temps. La tension considérée à une voie est appliquée à deux bornes, toujours sous la forme d'un connecteur BNC (figure 1.1).  
 BNC signifie *Bayonet Neill-Concelman*, du nom de ses inventeurs, Paul Neill, des laboratoires Bell, et Carl Concelman, de la société Amphenol.  
 La tension à observer est appliquée entre le conducteur central et le conducteur périphérique du connecteur BNC (figure 1.2).

**Remarque**  
 Il est également possible de visualiser d'autres grandeurs physiques comme les courants, mais seulement après les avoir converties en tensions.



Figure 1.2 Tension appliquée à un connecteur BNC.

## Mesure d'une amplification

FICHE 21

L'amplification en tension  $A$  est le rapport de la valeur efficace  $V_S$  de la tension de sortie à la valeur efficace  $V_E$  de la tension d'entrée :

$$A = \frac{V_S}{V_E}$$

S'agissant d'un rapport, on peut utiliser les amplitudes  $V_{eff}$  et  $V_{eff}$  au lieu des valeurs efficaces :

$$A = \frac{V_{eff,S}}{V_{eff,E}}$$

$A$  est un paramètre sans dimension. L'amplification d'un amplificateur est strictement supérieure à 1.

### Gain

On définit également le gain en tension  $G$  par :

$$G = 20 \lg \frac{V_S}{V_E}$$

Le gain est une grandeur sans dimension, mais on lui attribue une unité, le décibel (dB). Le gain d'un amplificateur est strictement positif.

### Remarque

Pour un atténuateur, paramètre similaire au gain, on définit un paramètre sans dimension, le rapport de transmission  $T$ . Le gain d'un atténuateur est strictement inférieur à 1.

Des compléments d'information pour aller plus loin

### Remarque

Pour un atténuateur, on définit un paramètre similaire au gain, le rapport de transmission  $T$ . Le gain d'un atténuateur est strictement inférieur à 1.

Pour mesurer l'amplification d'un amplificateur, son entrée est reliée à un générateur de signaux et sa sortie est branchée sur une résistance de charge (ou laissée en l'air quand on mesure une amplification à vide).  
 Un oscilloscope bicourbe permet de visualiser les tensions d'entrée et de sortie de l'amplificateur (figure 21.2).

### SAVOIR-FAIRE

Une partie Savoir-faire qui détaille la mise en œuvre

OSCILOSCOPE NUMÉRIQUE

PR

FICHE 10

## Influence de l'impédance d'entrée de l'oscilloscope

Tableau 10.1 Valeurs de  $|Z|$  pour diverses fréquences  $f$

$f$ (Hz)	10	100	1 000	10 000	100 000
$ Z $ (kΩ)	3 000	997	775	122	12,2

Nous constatons que le module de l'impédance d'entrée d'un oscilloscope relié par un câble coaxial diminue fortement avec la fréquence. Quand on branche une voie d'oscilloscope entre deux points d'un circuit, il faut se préoccuper de l'éventuelle perturbation apportée. Dans certains cas, la réponse est immédiate (par exemple pour un branchements en sortie d'un circuit intégré) car le dipôle vu des points de mesure est proche d'une source de tension. Par contre, dans certains cas, la réponse ne peut pas être donnée directement et il faut étudier le circuit plus près.

### Réduction de la bande passante

La bande passante d'un oscilloscope ne peut que rarement être exploitée en totalité car elle est réduite par l'effet de la liaison entre l'appareil et le circuit à étudier qui forme un filtre passe-bas.  
 La fréquence de coupure correspondante dépend non seulement de l'oscilloscope et du câble de liaison, mais aussi de l'impédance du générateur de Thévenin vu des points de mesure.  
 Considérons un oscilloscope de résistance d'entrée  $R_i$  et de capacité d'entrée  $C_i$  relié par un câble coaxial de capacité  $C_c$  à des points de mesure entre lesquels le signal à visualiser  $u_0$  est disponible avec une résistance interne  $R_0$  (figure 10.3).

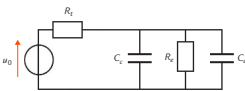


Figure 10.3 Schéma équivalent à un oscilloscope branché entre deux points.

## Relevé d'une courbe de réponse en fréquence

FICHE 25

- On mesure la différence de phase  $\phi$  entre la tension de sortie et la tension d'entrée (c'est-à-dire le déphasage de la tension d'entrée par rapport à la tension de sortie), ce qui correspond à  $\arg \underline{H}$ .
  - On place les points correspondants sur la feuille de papier semi-logarithmique.
- Pour chaque point de mesure, il faut vérifier que le niveau de l'entrée change pas quand on modifie la fréquence (dans le cas contraire, on retouche le réglage d'amplitude du générateur).  
 Il reste à tracer les deux courbes à partir des points relevés.

### EN PRATIQUE

Reprenons comme exemple le filtre passe-bas du premier ordre déjà expérimenté dans la fiche 26 (figure 25.3).  
 L'argument décroît de  $0^\circ$  à  $-90^\circ$  (figure 25.4).



Figure 25.3 Filtre passe-bas du premier ordre.

l'argument décroît de  $0^\circ$  à  $-90^\circ$  (figure 25.4).

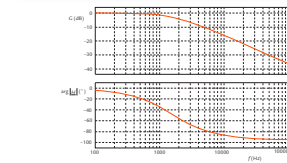


Figure 25.4 Diagramme de Bode du filtre passe-bas du premier ordre.

Des schémas clairs et complets

### Une partie En pratique pour une application terrain

PRATIQUE DE L'OSCILOSCOPE NUMÉRIQUE

# PRÉSENTATION DE L'OSCILLOSCOPE NUMÉRIQUE

Les oscilloscopes sont des appareils de visualisation des signaux électriques (tensions, courants) et de mesure de leurs paramètres : valeurs instantanées, valeurs efficaces, fréquences, déphasages...

## Historique et évolution

### *Premières découvertes*

Il est bien difficile de définir un inventeur de l'oscilloscope. Cet appareil découle de plusieurs découvertes de la fin du XIX<sup>e</sup> siècle :

- Vers 1878, le physicien et chimiste britannique William Crookes (1832-1919) invente le tube qui porte son nom. Ce dispositif expérimental est un élément fondamental dans la genèse de l'oscilloscope puisqu'il est à l'origine des tubes à rayons cathodiques.
- En 1893, le physicien français André Blondel (1863-1938) conçoit un appareil permettant de visualiser l'image d'un signal périodique grâce à un procédé optique : l'oscillographe galvanométrique. D'autres dispositifs mécaniques et optiques apparaissent à la même époque. Ces appareils d'emploi délicat ne concernent que des signaux lents.
- Le physicien allemand Karl Ferdinand Braun (1850-1918) conçoit en 1897 un appareil souvent considéré comme l'ancêtre de l'oscilloscope cathodique. C'est alors surtout une curiosité scientifique.

### *Oscilloscope analogique*

Perfectionné par de nombreux inventeurs, l'appareil de Braun est à l'origine des premiers oscilloscopes qui permettent la visualisation de signaux avec un tube cathodique vers 1930. L'oscilloscope est devenu véritablement un appareil de mesure à partir de la seconde guerre mondiale. Le dispositif s'est progressivement amélioré pour devenir l'outil de base de l'électronicien à partir des années 1960.

Une limite importante de l'oscilloscope analogique est de ne permettre que l'observation de tensions périodiques. Ce type d'appareil est aujourd'hui en voie d'extinction car il est supplanté par l'oscilloscope numérique qui offre des possibilités nettement plus étendues.