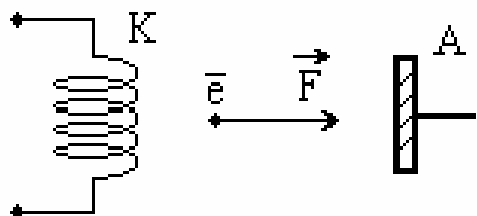


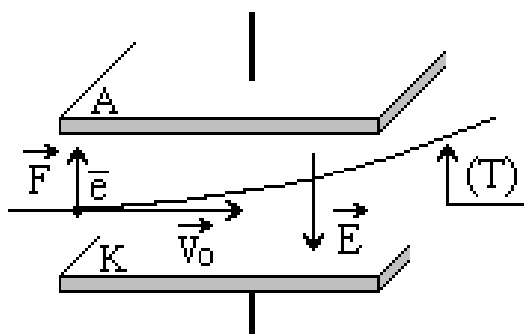
Fonctions de base des oscilloscopes

Rappels



Considérons une cathode K portée au potentiel U_K et une anode A portée au potentiel U_A dans le vide. Il règne entre ces éléments un champ électrique E de A vers K que l'on peut supposer uniforme et tel que $\|E\| = (U_A - U_K)/d = U_{AK}/d$ (d est la distance entre les électrodes). Un électron

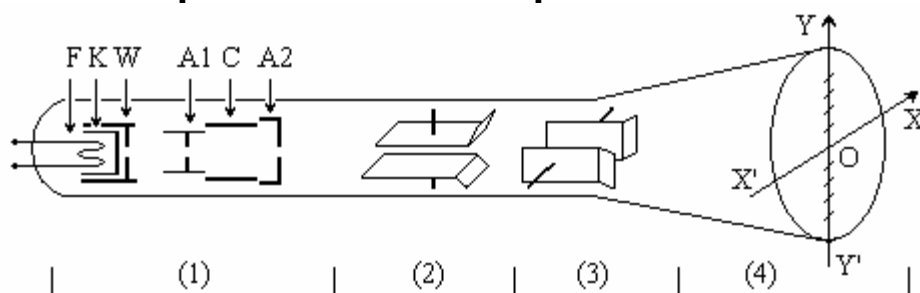
e entre A et K est donc soumis à une force $F = qE$ (avec la charge de l'électron $q = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{C}$) de K vers A. En appliquant la relation fondamentale de la dynamique, on peut montrer que le mouvement de l'électron est uniformément accéléré de K vers A.



Considérons maintenant deux plaques, une plaque K au potentiel U_K et une plaque A au potentiel U_A . Il règne entre les plaques un champ électrique E que l'on peut supposer uniforme si la distance d entre les deux plaques est faible. Si un électron e pénètre entre les plaques avec la vitesse initiale v_0 , il est dévié par la force $F = 0$ (vers le haut ou vers le bas suivant le sens de E) et suit donc la trajectoire (T), rectiligne en dehors des plaques et formée d'un arc de parabole entre les plaques.

haut ou vers le bas suivant le sens de E) et suit donc la trajectoire (T), rectiligne en dehors des plaques et formée d'un arc de parabole entre les plaques.

I - Principe de l'oscilloscope

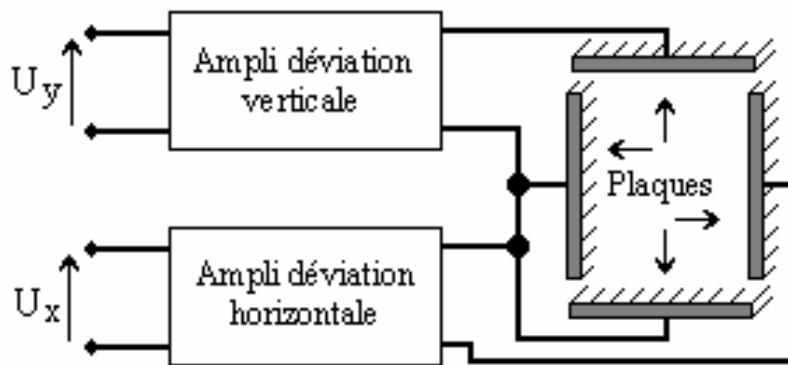


Le tube de l'oscilloscope est formé :

- du canon à électron (1). Un courant électrique chauffe le filament F et donc la cathode K qui émet alors des électrons. Cette émission est réglée par le wehnelt W. Les anodes A1 et A2 accélèrent le faisceau d'électrons alors que l'électrode de convergence C règle le diamètre du faisceau.

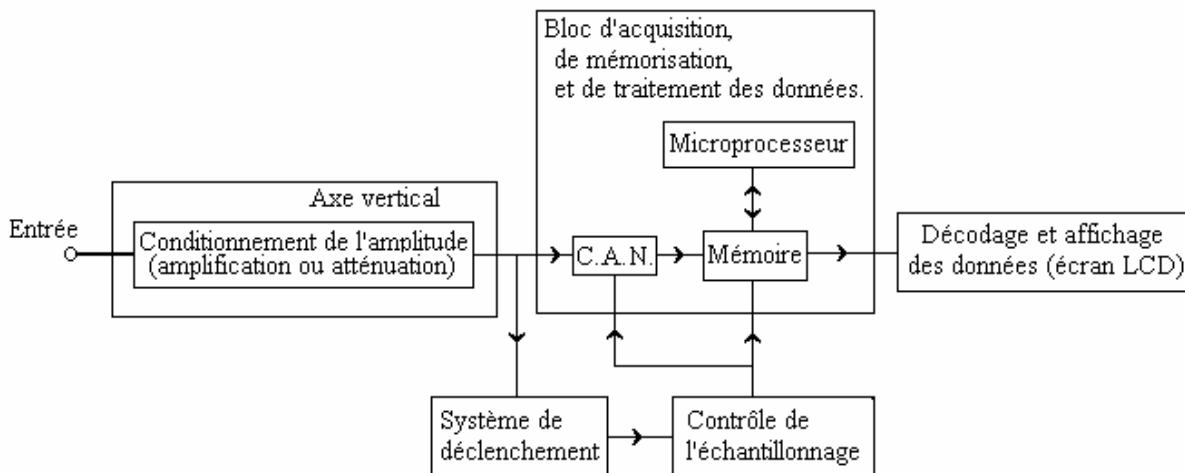
- des plaques de déviation verticale (2) et horizontale (3). C'est la différence de potentiel entre ces plaques qui fixe la déviation du faisceau d'électrons.

- l'écran (4) où le spot lumineux apparaît du fait de l'impact du faisceau sur la surface intérieure.



Des amplificateurs permettent d'obtenir les tensions nécessaires aux plaques de déviation.

Seuls les oscilloscopes analogiques (type CA902 et OX802 au laboratoire) ou analogiques et numériques (type CA912 et OX8022) utilisent un tube à électrons. Pour les oscilloscopes exclusivement numériques (type TDS210 et GDS820), le tube est inutile et un affichage par écran à cristaux liquides permet un gain de place substantiel. Le schéma fonctionnel partiel peut alors être le suivant :



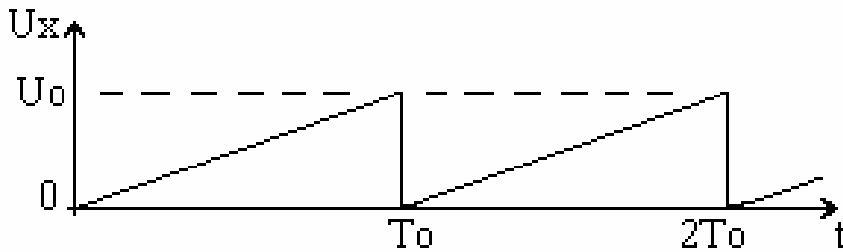
Un convertisseur analogique-numérique (CAN) échantillonne (saisie périodique d'un échantillon) et numérise (quantification de l'amplitude de l'échantillon) le signal d'entrée puis le stocke dans une mémoire en attente d'affichage.

II - Fonctions de base

Nous allons préciser quelques fonctions disponibles sur la quasi totalité des oscilloscopes. Nous préciserons entre parenthèses les dénominations des boutons, touches ou commutateurs permettant l'accès à ces fonctions. Ces dénominations ne sont ni universelles, ni exhaustives.

La position du spot sur l'écran est une fonction $f(U_x, U_y)$. U_x est une échelle temporelle horizontale et U_y est, sur une échelle verticale, une image du signal à visualiser.

1/ Balayage



L'oscilloscope génère de façon interne une dent de scie appliquée à U_x . Pour $U_x = 0$, le spot est en butée gauche de l'écran. Pour $U_x = U_0$, le spot est en butée droite. Ainsi le spot va-

t-il de gauche à droite pendant T_0 secondes puis revient instantanément à gauche. Le spot laisse une trace qui s'éteint au bout de quelques centaines de millisecondes, il faut donc la redessiner périodiquement pour la voir de façon stable, c'est le balayage. Le choix de la base de temps s'effectue par le bouton TIME/DIV. Si cette base de temps est trop longue, il y a un effet de clignotement que l'on peut atténuer en mode choppé.

Mode alterné (touche ALT) : l'oscilloscope dessine complètement une voie puis l'autre.

Mode choppé (touche CHOP) : l'oscilloscope passe plus rapidement d'une voie à l'autre en ne dessinant que des morceaux de traces.

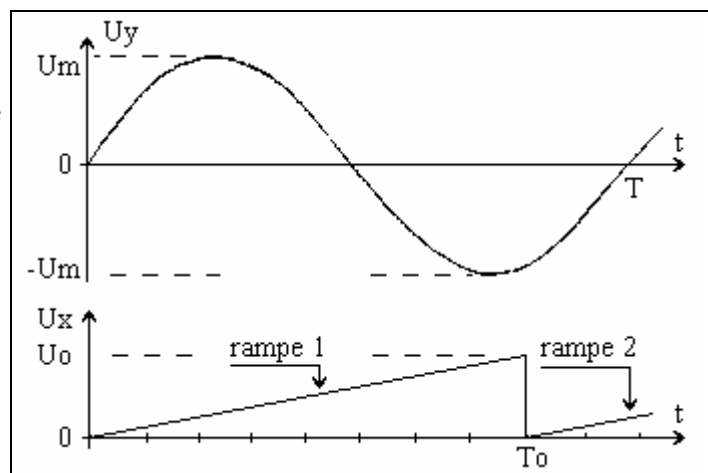
2/ Visualisation de U_y

a- Calibre

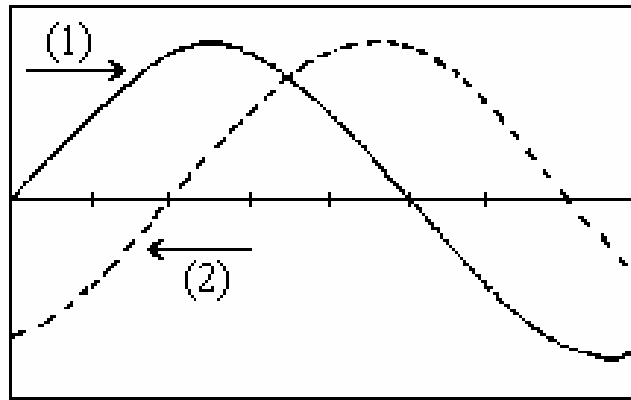
On choisit le calibre en général par bouton rotatif (VOLTS/DIV). Il est préférable de se mettre au calibre maximum lorsqu'on ne connaît pas l'amplitude du signal à visualiser. Les indications des calibres (amplitudes et temps) ne sont valables que si la fonction de décalibration est inactive (x5 MAG ou x10 MAG ou voyant UNCAL).

b- Synchronisation

Soit $U_y = U_m \sin \omega t$ le signal à visualiser. Notons T_0 la période de U_x et T la période de U_y . Choisissons par exemple $T_0 = 0,8T$.

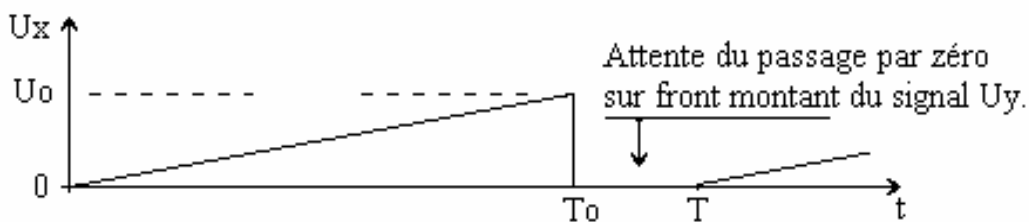


Sur l'écran, on verra la trace (1) générée lors de la rampe 1 (trait plein) et la trace (2) générée lors de la rampe 2 (trait pointillé).



On remarque donc que l'image observée n'est pas stable. Pour la stabiliser, il faut synchroniser le balayage par rapport au signal à visualiser.

Par exemple, lors d'une synchronisation sur passage à zéro en front montant, le signal U_x serait le suivant et on ne verrait alors sur l'écran que la trace (1):



Il y a plusieurs synchronisations possibles parmi lesquelles :

- synchronisation automatique (AUTO) où la trace apparaît toujours (même en l'absence d'événements);
- avec ou sans filtre (LF, HF);
- sur front montant ou sur front descendant (SLOPE);
- sur zéro (en général prioritaire) ou niveau réglé par l'opérateur (LEVEL);
- sur canal I ou II (CH1, CH2);
- sur signal externe (EXT, EXT TRIG);
- sur secteur (LINE)...

3/ Mémorisation

Pour les oscilloscopes numériques, il est possible de mémoriser une ou plusieurs courbes (SAVE) après les avoir figées (touche RUN/STOP sur TDS210 et GDS820, touche HOLD sur CA912 et RUN sur OX8022). En mode monocoup, le figeage des courbes est automatique après le premier déclenchement, ce mode de déclenchement permet donc la visualisation de phénomènes transitoires. Suivant la position du déclenchement, il est même possible d'observer les courbes avant le déclenchement.

4/ Mesures

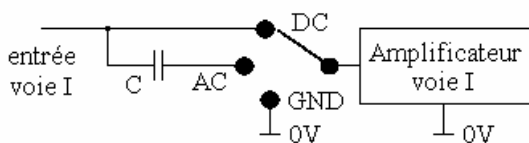
Les oscilloscopes sont plutôt des instruments de visualisation. On peut faire des mesures avec une erreur relative qui risque d'être importante. Les oscilloscopes numériques offrent des possibilités de mesure précises et nombreuses. En premier lieu, il faut penser à étalonner les sondes et inactiver les boutons de décalibration.

Les oscilloscopes analogiques permettent, outre la visualisation de la trace, l'addition de deux courbes (ADD) et le changement de signe d'une courbe (INV).

Les oscilloscopes numériques peuvent disposer de curseurs (sur CA912 : READOUT CURSOR ; sur TDS210, GDS820 et OX8022 : menu CURSOR). Il est alors possible de mesurer des Δv , Δt . Ils permettent aussi des sorties sur imprimante ou traceur. Les modèles les plus évolués ont en outre des mesures de type valeurs moyennes, efficaces, transformée de Fourier etc ... (sur TDS210 et GDS820 : menu MEASURE et sur OX8022 : menu MEAS)

Pour les oscilloscopes numériques à tube, on passe de l'analogique au numérique par les touches MEM (OX8022) ou STORAGE (CA912).

Pour visionner des ondulations relatives faibles, on peut utiliser le filtre AC-DC-GND.



Sur GND, on affiche zéro volt (réglage du zéro possible).

Sur DC, on observe le signal tel qu'il est réellement.

Sur AC, la composante continue est supprimée (en fait l'impédance d'entrée de l'amplificateur étant de l'ordre du $M\Omega$, cette entrée permet de filtrer le signal avec un filtre passe haut dont la fréquence de coupure est limitée à quelques hertz).

5/ Oscilloscopes bicourbes

Les oscilloscopes du laboratoire sont bicourbes, c'est à dire qu'ils permettent d'afficher simultanément deux courbes (prises sur les voies I et II) (en fait, comme il n'y a qu'un tube on affiche une courbe puis l'autre ; c'est la rapidité de l'affichage qui donne l'impression d'en voir deux).

a- Fonctionnement en Lissajous

Outre les courbes temporelles, on peut observer une voie en fonction de l'autre (touche XY ou menu DISPLAY sur TDS210 et GDS820). Par exemple en mode XY, le TDS210 affiche la voie 1 sur l'axe horizontal et la voie 2 sur l'axe vertical (idem pour les GDS820, CA902, CA912, OX802, OX8022).

b- Isolation et catégorie d'utilisation

L'isolation d'un appareil est définie par sa classe. En classe I, l'appareil est relié à la terre. Cette liaison ne doit pas être coupée (même par l'adjonction d'un transformateur d'isolation) car elle est utile à la protection des personnes. En classe II, l'appareil n'est pas relié à la terre, sa fabrication est plus soignée (double isolation ou isolation renforcée). La catégorie d'un appareil définit le niveau de tension auquel on peut soumettre cet appareil. Le choix de la catégorie d'un appareil dépend donc de l'utilisation que l'on en fait.

Catégorie I : Mesures sur appareillages électriques basse tension (maximum 60V) ;

Catégorie II : Mesures sur réseau domestique 230V ;

Catégorie III : Mesures sur réseau triphasé 230/400V ;

Catégorie IV : Mesures sur distribution directe EDF.

c- Fonctionnement différentiel

Dans un oscilloscope non différentiel (TDS210, CA912, CA902), les bornes - des prises de mesure sont reliées entre elles et connectées sur la prise de terre (en classe I). Ceci introduit deux problèmes majeurs :

1. On ne peut connecter la borne - qu'à un endroit du circuit (bien que l'on ait une borne - par voie de mesure) ce qui limite les mesures possibles (connecter les deux bornes - à deux endroits différents correspond à faire un court-circuit via l'oscilloscope !).
2. Pour une mesure sur un circuit électrique relié en un point de la terre, la borne - est forcément placée sur ce point (afin de ne pas faire de court-circuit via l'oscilloscope), ce qui limite là aussi les mesures possibles.

Dans un oscilloscope différentiel (OX802, OX8022) les bornes + et - de chaque voie sont indépendantes et isolées de la terre. Il n'y a donc aucune restriction quant au placement des points de mesure. Les oscilloscopes différentiels du laboratoire peuvent aussi fonctionner en mode non différentiel (touche DIFF) entre borne + et masse.

Pour les mesures sous haute tension, il conviendra de présélectionner la valeur de la déviation verticale avant la mesure.

Dans le cas où l'on désire faire une mesure différentielle avec un oscilloscope conventionnel (non différentiel), on doit utiliser une sonde de tension différentielle. Ce type de sonde permet en outre de changer la catégorie d'un appareil. Par exemple, on ne doit pas faire de mesure sur un réseau triphasé 230/400V avec un appareil de catégorie II, mais on peut faire une mesure sur ce réseau si on intercale entre l'appareil et le réseau une sonde de catégorie III.