

INSTITUT NATIONAL DES SCIENCES APPLIQUEES DE
TOULOUSE

2^{ème} Année MIC

Systemes électroniques pour les communications

-

Travaux Pratiques

Année 2015 - 2016

DOCUMENT REALISE PAR A. BOYER, M. AIME, JY. FOURNIOLS,
S. BEN DHIA, M. BONNET ET C. ESCRIBA

TP1 : Instrumentation et Mesures

Préambule : L'objectif de ce TP est de vous familiariser avec les appareils de mesure les plus couramment utilisés en électronique (Générateur de Signaux Basse Fréquence (GBF), oscilloscope, sonde d'oscilloscope et multimètre). Quatre expériences vous sont proposées pour vous permettre d'acquérir vos premiers automatismes sur les aspects manipulateurs en électronique. Afin de ne pas vous surcharger d'informations, les expériences sont présentées directement, et sans introduction. Pour mieux comprendre les expériences que vous allez mener et en tirer pleinement bénéfice, vous aurez besoin de chercher les informations nécessaires dans la dernière partie de ce document, intitulée « annexes ».

Notation : L'implication de chaque étudiant, la ponctualité, le respect des consignes et du matériel seront contrôlés par les enseignants en séance et reportés sur la note du contrôle de TP en cas de manque de respect des consignes.

I. Expérience 1 : Association GBF / Oscilloscope

Objectifs pédagogiques :

- Savoir identifier les différentes sorties du GBF (sortie principale, sortie TTL).
- Savoir connecter le GBF à l'oscilloscope à l'aide d'un câble coaxial.
- Savoir synchroniser l'oscilloscope sur le signal à observer.
- Connaître la différence entre le mode AC et le mode DC.

Manipulations à effectuer :

- Reliez la sortie TTL du GBF à la voie 1 de l'oscilloscope.
- Sur le GBF, choisir une fréquence de signal égale à 2 kHz.
- Réglez le niveau de synchronisation (sur l'oscilloscope, tourner le bouton *Level*) de manière à synchroniser le signal (on pourra régler les options de synchronisation dans le menu *Trigger Menu* des oscilloscopes numériques).
- Observez le signal à l'oscilloscope en mode DC (sur les oscilloscopes numériques, on trouvera ce mode sous le menu « couplage CC »).
- Observez le même signal en mode AC (« couplage CA »).
- Comparez les chronogrammes observés en mode DC et en mode AC.

Questions :

Q1] Quel est le rôle du mode DC/ du mode AC ?

Q2] Quel est le rôle de la synchronisation ?

- Refaire la même expérience, en choisissant cette fois un signal de GBF de fréquence égale à 200 Hz, puis 20 Hz.

Q3] Conclure sur la nature du filtre placé en entrée de l'oscilloscope lorsque ce dernier est en mode AC. Représenter ce filtre de la manière la plus simple possible.

II. Expérience 2 : Mesure de l'amplitude d'un signal alternatif.

Objectifs pédagogiques :

- Savoir mesurer une tension à l'aide d'un multimètre.
- Savoir mesurer l'amplitude d'un signal à l'oscilloscope, en utilisant les curseurs.

- Connaître la notion de valeur efficace d'un signal.
- Prendre conscience des limites fréquentielles du multimètre : notion de bande passante.
- S'initier au tracé d'un diagramme de Bode ; savoir lire un papier semi-logarithmique.

Manipulations à effectuer :

- Générez un signal sinusoïdal à l'aide du GBF, de fréquence 1 kHz, sans offset, et d'amplitude 5V (équivalent à 10 V crête à crête).
- Pour chacune des fréquences référencées dans le tableau 1 (voir dans les annexes), mesurez la valeur d'amplitude indiquée par le voltmètre.
- A l'aide des curseurs, mesurez également l'amplitude indiquée par l'oscilloscope.
- Complétez le tableau 1.
- Tracez le diagramme de Bode sur du papier semi-logarithmique.

Q4] Qu'observe-t-on en comparant la mesure au voltmètre à celle à l'oscilloscope ? Déterminer la bande passante d'utilisation du voltmètre. Conclure sur les limites d'utilisation du voltmètre.

III. Expérience 3 : Utilisation d'une sonde d'oscilloscope

Objectifs pédagogiques :

- Connaître la différence entre les modes $\times 1$ et $\times 10$ d'une sonde
- Comprendre l'intérêt d'une sonde d'oscilloscope pour une mesure
- Savoir calibrer une sonde d'oscilloscope

Manipulations à effectuer :

- Connectez votre sonde à l'oscilloscope et placez la sur la sortie de calibration de l'oscilloscope, qui fournit en général un signal de référence carré 0 - 5 V de fréquence égale à 1 KHz.
- Relevez sur l'oscilloscope l'amplitude et la fréquence que doit délivrer la sortie de calibration.
- Mettez dans un premier temps la sonde en mode $\times 1$ et relevez l'amplitude du signal mesuré.
- Dans un deuxième temps, mettez la sonde en mode $\times 10$ et relevez l'amplitude du signal mesuré.
- A l'aide d'un tournevis, jouez sur la vis de réglage de la sonde. Observez l'effet sur le signal mesuré.

Q5] En utilisant le schéma électrique de la sonde fourni en annexe 1, expliquer les effets observés en mesure.

IV. Expérience 4 : Détermination des caractéristiques d'un filtre en utilisant l'oscilloscope

Objectifs pédagogiques :

- Savoir mesurer la période d'un signal à l'oscilloscope, en utilisant les curseurs
- Savoir mesurer le déphasage entre deux signaux à l'oscilloscope
- Etre capable de déterminer les propriétés d'un filtre analogique à l'oscilloscope

Manipulations à effectuer :

- Sur une plaquette à insertion, réalisez un filtre passe bas d'ordre 1 de fréquence de coupure égale à 1 KHz (cf. annexe 1, **lire les consignes d'utilisation des plaquettes à insertion**).
- Alimenter l'entrée du filtre à l'aide d'un signal sinusoïdal sans offset d'amplitude crête à crête égal à 10 V. Affichez sur la voie 1 de l'oscilloscope le signal d'entrée du filtre.
- Affichez sur la voie 2 de l'oscilloscope le signal de sortie du filtre. Attention : si vous utilisez une sonde d'oscilloscope, n'enfoncez pas les sondes d'oscilloscope dans les trous de la plaquette à insertion, mais utiliser l'adaptateur pince et un petit fil.
- Déterminez à l'oscilloscope la fréquence de coupure du filtre. Mesurez la période du signal d'entrée.
- Mesurez le déphasage entre le signal d'entrée et le signal de sortie.

- Modifiez la configuration du circuit pour réaliser un filtre passe haut. Mesurez le déphasage entre le signal d'entrée et le signal de sortie.

Q6] Donnez les déphasages théoriques introduits par les 2 filtres étudiés à la fréquence de coupure. Donnez l'expression qui permet de déterminer expérimentalement le déphasage entre 2 signaux.

ANNEXE 1 : quelques notions indispensables.

I. Présentation générale d'un oscilloscope

1. Rappel sur la constitution

Très schématiquement, un oscilloscope est composé d'un canon à électron et 4 plaques de déviations:

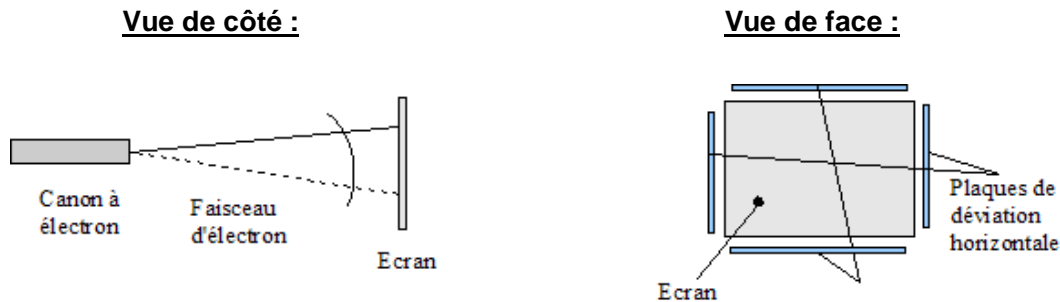


Fig. 1 - Principe d'un oscilloscope

a. Schéma fonctionnel

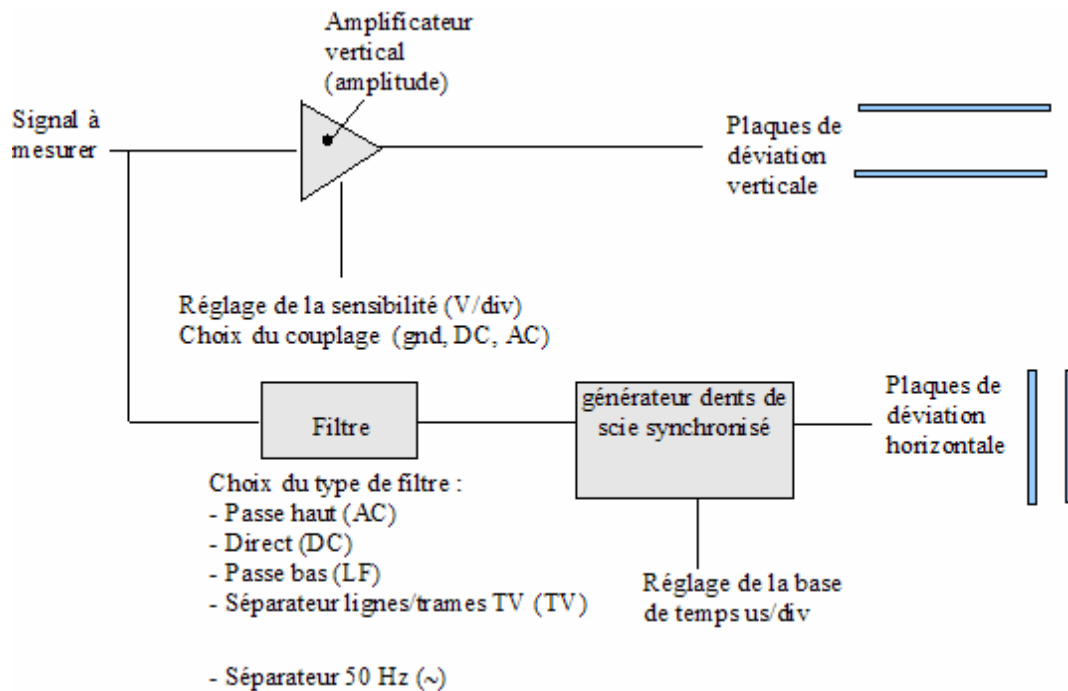


Fig. 2 – Schéma fonctionnel d'un oscilloscope

Pour obtenir une trace stable à l'écran, la rampe (dent de scie) doit débuter toujours en **synchronisme** avec le signal à mesurer. Pour cela, le générateur de dents de scie va attendre le même niveau de tension du signal d'entrée (**level**) pour relancer une nouvelle rampe. (Voir figure suivante).

Exemple : signal sinusoïdal de période 900us. L'oscilloscope est calibré sur 100us/div.

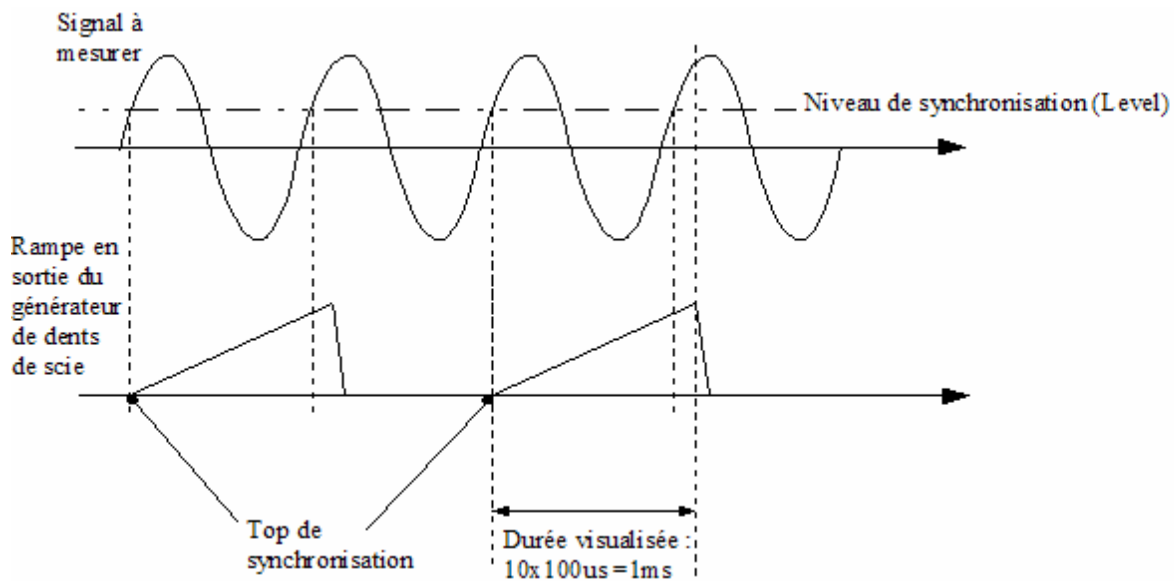


Image stable vue à l'écran :

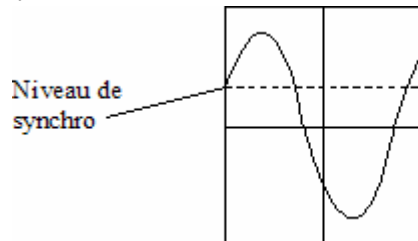


Fig. 3 – Visualisation à l'oscilloscope d'un signal sinusoïdal

b. Les réglages de l'oscilloscope

Quelque soit le type d'oscilloscope, on trouvera toujours 2 zones de réglage : la zone de **réglage de sensibilité verticale** (amplitude) et la zone de **réglage de la base de temps** (déviation horizontale et réglage de synchronisation de la base de temps).

2. Utilisation de l'oscilloscope : réglages à faire avant toute mesure

Avant toute mesure, voici les réglages de bases qu'il faut **absolument** faire :

1. Placer tous les calibrages à 0 (potentiomètres présents sur les boutons de déviation horizontale et verticale)
2. Placer la source de synchronisation sur la voie utilisée (trig Ext, trig 1, ou trig 2)
3. Placer le mode de synchronisation en automatique (pour obtenir la trace)
4. Placer le couplage d'entrée de la voie considérée en Gnd
5. Ajuster la trace pour qu'elle soit à mi-hauteur
6. Se placer en mode DC sur le couplage d'entrée. Ceci est très important. On ne se place jamais par défaut en mode AC. Le premier réflexe est de chercher à tout voir du signal à mesurer, donc sa composante continue. Ensuite, une fois la trace obtenue, on peut chercher à supprimer la composante continue (couplage AC) de manière à « zoomer » sur la composante alternative.
7. Opérer les calibrages en amplitude et en temps de manière à obtenir une trace convenable.

3. Utilisation de l'oscilloscope : la synchronisation

Avant toute chose, il est nécessaire que le signal à mesurer soit dirigé vers l'ensemble de synchronisation (Trig ext, ou voie 1, ou voie 2). Comme on l'a vu lors de la présentation du schéma fonctionnel, le signal à mesurer traverse un filtre avant d'attaquer la génération de dents de scie. Il existe un commutateur qui va permettre de choisir le bon type de filtrage pour une bonne synchronisation.

- position DC : La liaison est directe
- position AC: le filtre est de type passe haut, la composante continue est supprimée.
- position LF: le filtre est de type passe-bas. Ceci peut être intéressant quand on observe un signal de basse fréquence bruité (parasites HF éliminés)
- position TV: utilisé quand on observe un signal vidéo. Le filtre a pour rôle d'extraire les tops lignes et top vidéo. Ce sont ces impulsions qui vont permettre la synchronisation.
- position ~ : la synchronisation se fait sur la tension secteur (230 V/50Hz).

II. Utilisation d'une sonde d'oscilloscope

La liaison d'un oscilloscope avec un circuit peut se faire à l'aide de 2 fils classiques (fiches bananes). L'inconvénient de ceci est la faible protection vis à vis des bruits et perturbations.

Pour contourner le problème, on utilise une **sonde**. Elle a l'avantage d'être blindée de bout en bout, donc efficace pour les mesures de faibles niveaux. Elle va donc améliorer la qualité des mesures et des visualisations de signaux à l'oscilloscope.

1. La sonde x1

C'est un simple câble blindé muni d'une pointe ou d'un grip-fil à son extrémité. Une sonde « ramène » l'impédance d'entrée de l'oscilloscope sur le circuit, composé d'une résistance en parallèle avec une capacité, comme le montre le schéma ci-dessous.

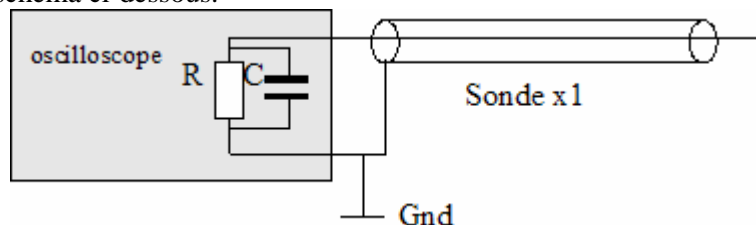


Fig. 4 – Schéma électrique équivalent d'une sonde d'oscilloscope x1

La sonde peut donc, sur des montages sensibles (oscillateur par exemple), perturber le circuit (mesure intrusive), voire l'empêcher de fonctionner. R est souvent de l'ordre de $1M\Omega$ et C de l'ordre de 20pF à 30pF.

2. La sonde x10

Afin de contourner le problème, on utilise une sonde x10: elle multiplie l'impédance ramenée sur le circuit par 10 (pour la résistance) et divise d'autant la capacité. On parvient à ceci en ajoutant le circuit suivant.

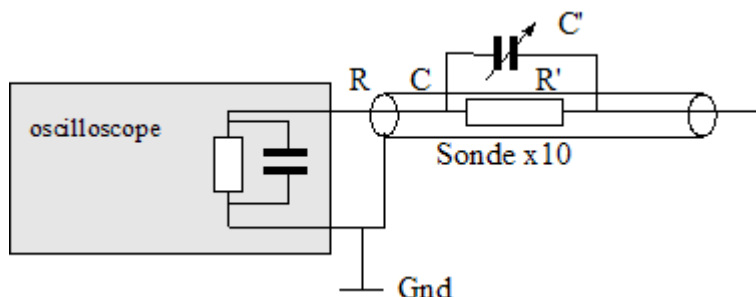


Fig. 5 – Schéma électrique équivalent d'une sonde d'oscilloscope x10

Habituellement, R' vaut $10M\Omega$ et C' varie aux alentours de 3 pF . On arrive ainsi à augmenter l'impédance ramenée au circuit. Il reste qu'il faut ajuster C' de manière à rendre la sonde neutre du point de vue spectral. On fait cela en utilisant un signal « étalon » de forme carré issu de l'oscilloscope.

III. Les plaquettes à insertion

Afin de réaliser et valider des montages électroniques simplement et à faible coût, les plaquettes à insertion sont utilisées. La figure ci-dessous présente les plaquettes à insertion dédiées aux travaux pratiques d'électronique au DGEL.

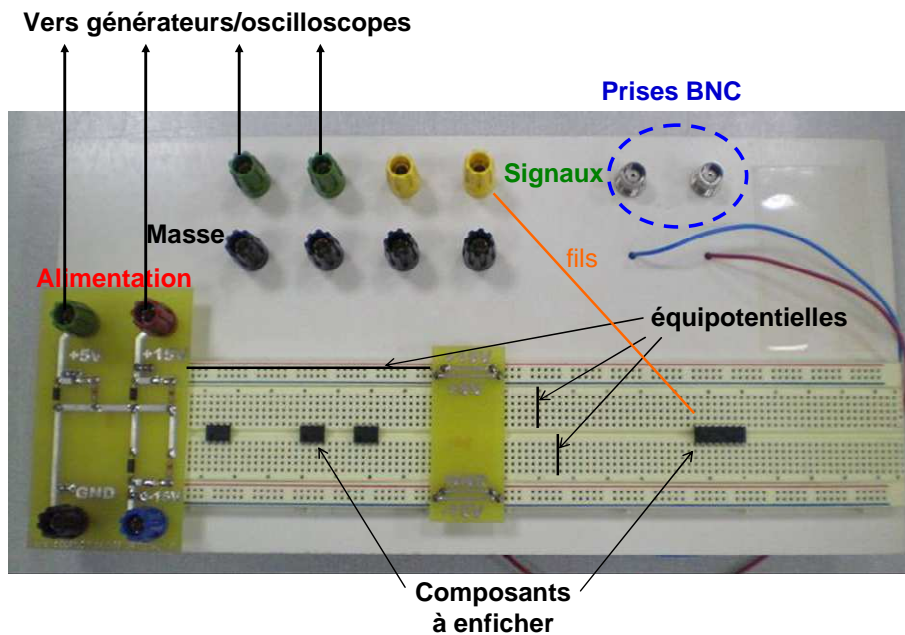


Fig. 6 – Plaquette insertion

Les plaquettes à insertion sont formées d'un ensemble de cases, permettent d'enficher des composants ou des fils électriques. L'ensemble des cases forme des lignes et des colonnes interconnectées, suivant leur emplacement sur la plaquette (fig. 7). Les colonnes au centre de la plaquette sont des équipotentiels qui peuvent être reliés par des fils à un potentiel donné. Les 2 rangées supérieures et inférieures sont aussi des équipotentiels et sont dédiées aux alimentations des circuits. Des fiches bananes et coaxiales permettent la liaison aux différentes alimentations, GBF et oscilloscope.

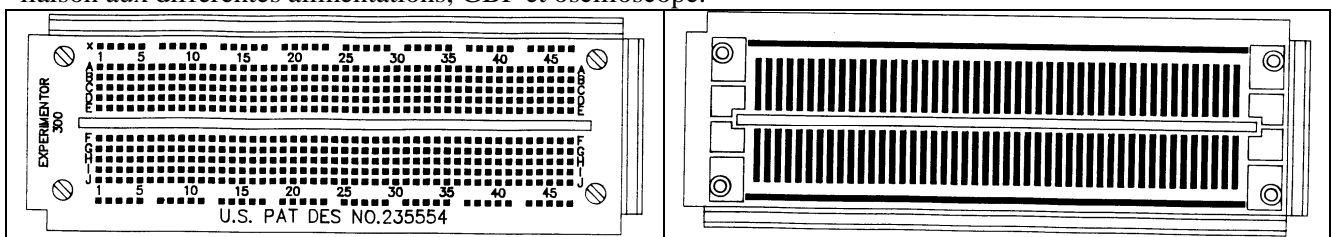


Fig. 7 - Plaquette à insertion – vue de dessus (gauche) et de dessous (droite)

Quelques règles à respecter pour utiliser à bien les plaquettes à insertion :

- lorsqu'on interconnecte les circuits par des fils, il convient d'utiliser des fils les plus courts possibles, afin d'éviter la « forêt » de fils, ce qui ne facilite pas la « lecture » du circuit, et donc son dépannage.
- Utiliser le moins de fils possibles.

- employer un code couleur pour les fils. Par exemple, on peut employer des fils rouges pour les alimentations positives, bleus pour des alimentations négatives, noirs pour des références de masse, vert ou jaune pour des signaux.
- Lorsque vous enfichez des composants dans les plaquettes à insertion, assurez vous que leurs pattes ne soient pas trop usées. Des broches usées peuvent engendrées de mauvais contacts ce qui est à l'origine de nombreux dysfonctionnements.
- n'utiliser que des fils monobrin, exclure les fils multibrins.
- ne pas enficher 2 fils ou 2 broches d'un composant dans la même case, au risque de dégrader la connexion.
- ne pas enficher une sonde d'oscilloscope dans une case car elles ne peuvent pas y rentrer sans détruire les connexions électriques de la plaquette. Connecter plutôt la sonde à une broche d'un composant ou un fil monobrin à l'aide d'une pince grip-fil.

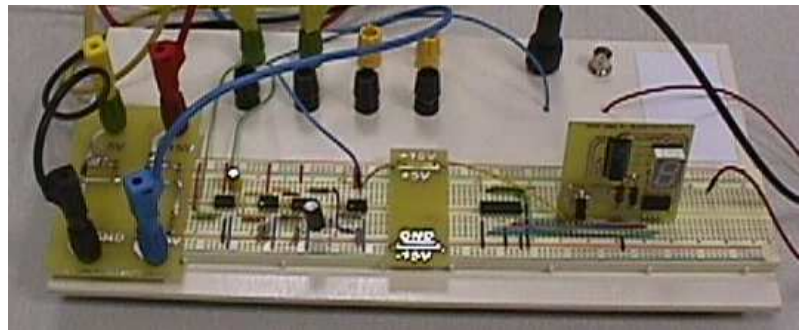
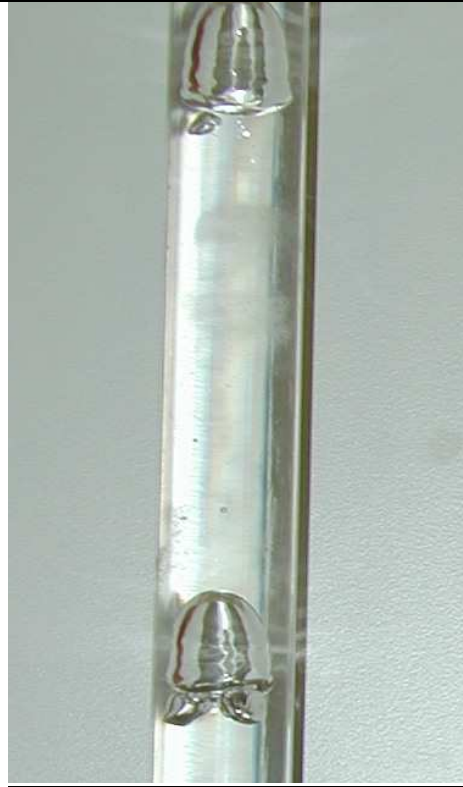
ANNEXE 2 : TABLEAU 1

Fréquence (Hz)	100 Hz	1kHz	10kHz	100kHz	200kHz	300kHz	400kHz	500kHz
Valeur mesurée au voltmètre (V1)								
Amplitude mesurée à l'oscilloscope (V2)								
V1 / V2								
$20 \cdot \log(V1/V2)$								

Fréquence (Hz)	600kHz	700 kHz	800kHz	900kHz	1MHz	2MHz	5MHz
Valeur mesurée au voltmètre (V1)							
Amplitude mesurée à l'oscilloscope (V2)							
V1 / V2							
$20 \cdot \log(V1/V2)$							

Tableau 1 : comportement fréquentiel du multimètre

TP n°2 : Réalisation d'un circuit d'instrumentation sur écoulement diphasique – Comptage de bulles



Document réalisé par JM. Dilhac et JY. Fourniols
avec la participation de J-F. Ribas, JM. Dorkel, T. Marino et J. Perez.

Préambule: L'objectif de ce TP est de dimensionner et de réaliser un circuit électronique d'acquisition et de traitement d'un signal. Le signal qui nous intéressera sera celui fourni par un capteur lors du passage d'une bulle dans un système hydraulique. Le circuit électronique à réaliser se connecte en sortie de ce capteur. Le TP se divise en 2 parties : la première est dédiée à la réalisation à la partie analogique d'acquisition (amplification et filtrage) du signal délivré par le capteur, alors que la deuxième est dédiée au traitement numérique. A la fin des trois séances de TP, le circuit électronique réalisé devra compter automatiquement les bulles circulant dans le système hydraulique.

Notation : L'implication de chaque étudiant, la ponctualité, le respect des consignes et du matériel seront contrôlés par les enseignants en séance et reportés sur la note du contrôle de TP.

Objectifs pédagogiques:

- Savoir calculer la fonction de transfert d'un montage à base d'amplificateur opérationnel
- Savoir filtrer un signal
- Savoir câbler sur une plaquette à insertion un circuit électronique en respectant un code couleur et en utilisant des fils courts
- Savoir câbler un amplificateur opérationnel et un petit circuit numérique
- Savoir interfacer la sortie d'un circuit analogique et l'entrée d'un circuit numérique

I. Les écoulements diphasiques gaz/liquide – Quelques généralités

Les principales configurations d'écoulements ascendants (tubes verticaux) à co-courant pour un système eau/air incluent les quatre configurations suivantes :

- écoulement à bulles (ou dispersé)
- écoulement bouchon
- écoulement chaotique
- écoulement annulaire

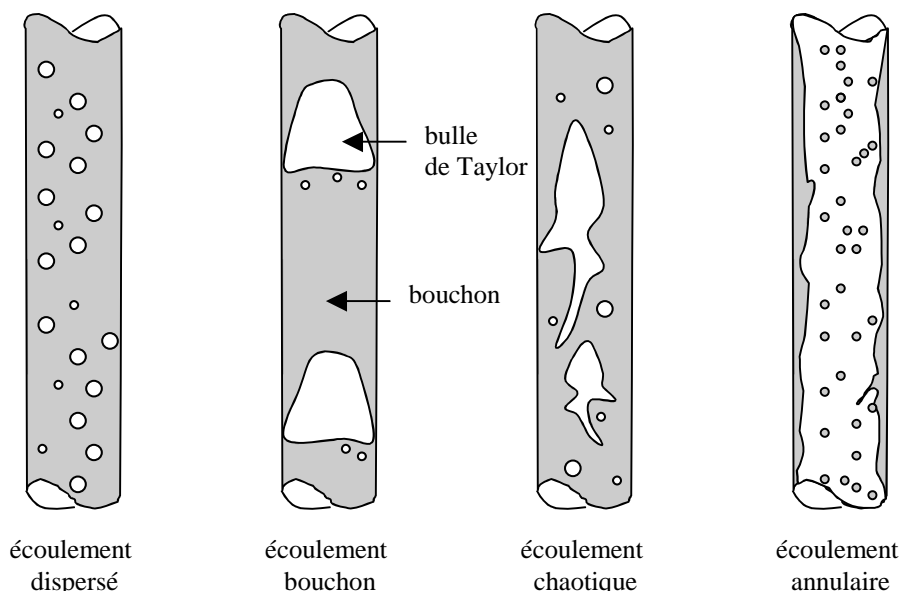


Fig. 1 – Configuration d'écoulement diphasique gaz/liquide

Cette classification correspond, pour une vitesse de la phase liquide constante, à une vitesse d'écoulement gazeuse croissante. C'est ainsi que l'écoulement à bulles correspond à des débits de gaz faibles. La transition vers l'écoulement bouchon s'effectue lorsque la fraction gazeuse devient supérieure à environ 30%.

L'écoulement bouchon se compose de cellules géométriques constituées de deux zones :

- une zone à phases séparées : le gaz forme une longue poche, la bulle de Taylor, et le liquide est plaqué contre les parois. Ce film liquide est animé d'un mouvement descendant,
- une zone à phase dispersée : le bouchon, où la phase liquide est continue, et où la phase gazeuse est présente sous la forme de fines bulles.

Une augmentation du débit de gaz va provoquer l'apparition d'un écoulement de transition, l'écoulement chaotique, dans lequel les poches gazeuses se fractionnent. La transition vers l'écoulement chaotique s'effectue lorsque la fraction gazeuse devient supérieure à environ 60%. Une augmentation supplémentaire du débit de gaz conduira au régime annulaire, avec un noyau central gazeux continu chargé en gouttelettes de liquide.

L'écoulement bouchon, qui nous intéresse ici, se rencontre dans de nombreux secteurs industriels tels la production de vapeur (géothermie), les réactions entre une phase liquide et une phase gazeuse dans des réacteurs chimiques et / ou biochimiques, le refroidissement des réacteurs nucléaires ou la production et le transport des hydrocarbures. Dans le cadre de ce type d'écoulement, la succession dans le temps et l'espace d'un écoulement annulaire et d'un écoulement dispersé est caractérisée par un facteur d'intermittence fixant leur importance relative, et quantifiant cet état qui est non-stationnaire bien que les débits d'entrée (eau / air) soient constants.

C'est l'instrumentation électronique destinée à l'étude de cette intermittence que nous nous proposons de concevoir et de tester.

II. Dispositif expérimental

La détection du passage des bouchons dans un tube vertical est réalisée grâce à des sondes conductimétriques, donnant une image de la différence de conductivité entre les deux phases (séparée et dispersée). Nous avons choisi une structure de sondes pariétales (développées à l'Institut de Mécanique des Fluides de Toulouse) composées de deux anneaux en acier inoxydable, dont la position ne perturbe pas l'écoulement du mélange.

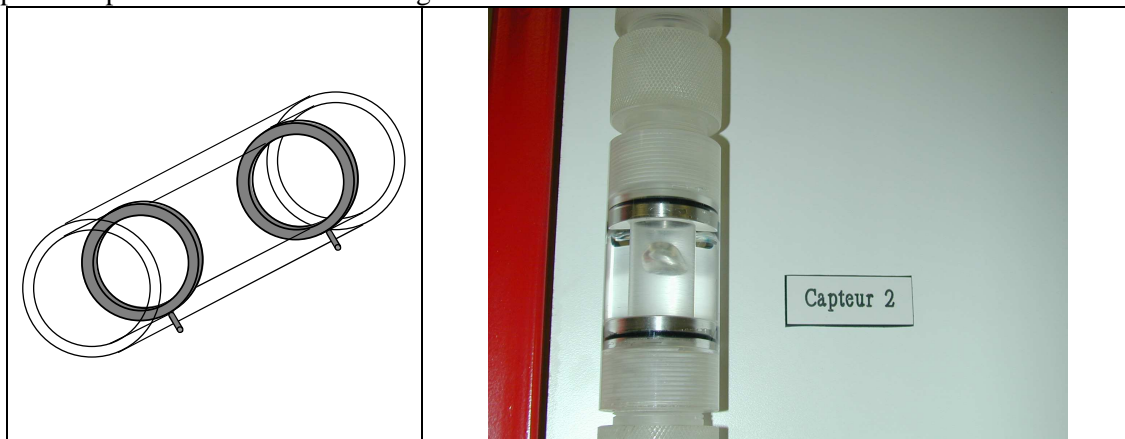


Fig. 2 – Sonde conductimétrique

La boucle d'essais est constituée d'une colonne en PVC de longueur 75 cm et de diamètre interne 14 mm. Deux sondes identiques à celle décrite ci-dessus sont ajoutées en série à l'extrémité supérieure du tube. Leur longueur totale est 27 cm.

L'eau du réseau est introduite au préalable pour remplir la boucle. L'air (air comprimé) est alors injecté à la base de la colonne, le débit étant réglé par une vanne à pointe placée en sortie d'un détendeur. A la sortie de la colonne, un tube ouvert permet la séparation des phases.

III. Descriptif du travail demandé

L'objectif des **trois séances** de TP est d'instrumenter une colonne d'eau en comptant le passage de bulles au moyen d'un système électronique autonome.

1. Plate-forme d'instrumentation sur un écoulement diphasique

La plateforme d'expérimentation est construite sur un circuit fermée d'eau avec :

- **un réglage du débit et de la taille des bulles**, obtenu en actionnant le robinet situé sous le manomètre.
- **un accès à deux capteurs**. Il vous est demandé **d'instrumenter par binôme un seul capteur** en utilisant un des deux capteurs en prélevant le signal électrique au travers de câbles connectés dans les fiches spécifiées. Pendant les séances puis en fin de travail, vous utiliserez la plateforme avec un autre binôme et comparerez les performances des systèmes électroniques que vous aurez construits.

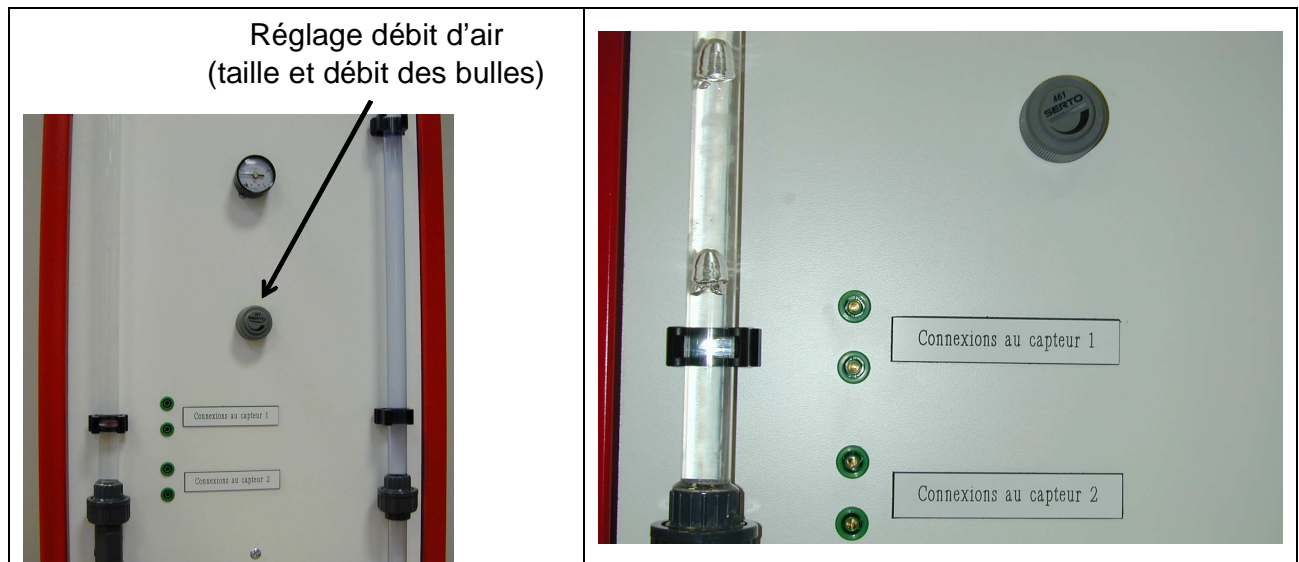


Fig. 3 – Sonde conductimétrique

2. Conception électronique : règles élémentaires

Tout au long de ce TP, des règles de conception devront être adoptées, en plus des règles habituelles de protection de l'appareillage et des composants ainsi que des règles de sécurité électrique.

Ne branchez jamais un appareil sans avoir obtenu l'aval des personnes qui encadrent votre travail ! Signalez instantanément toute fuite éventuelle d'eau.

Citons par exemple :

- Tout montage mettant en œuvre des circuits actifs (c'est-à-dire alimentés) par un générateur de tension continue, doit soigneusement distinguer les fils des masses des fils d'alimentation.
- A ce titre, dans un souci d'efficacité, on essaiera d'appliquer le code de couleurs ou conventionnel :
 - Alimentation positive : fil rouge.
 - Alimentation négative : fil bleu.
 - Masse : fil noir.
 - Signaux en entrée : fil jaune.
 - Signaux en sortie : fil violet.

- Toute modification sur une partie d'un montage préalablement testée et validée doit être notée, afin de pouvoir facilement orienter la recherche de pannes éventuelles.
- Dans la mesure du possible, on essaiera toujours d'effectuer un câblage par blocs, en essayant de hiérarchiser et partitionner le système en blocs fonctionnels. Cette approche de conception, que l'on retrouve dans le domaine de la simulation, permet de caractériser d'abord les blocs principaux, puis les interfaces.

Avant de partir :

Il est nécessaire de conserver à la fin de la séance votre montage qui sera repris à la séance suivante. En revanche à la fin des deux séances il vous est demandé de ranger les composants dans les casiers dédiés.

IV. Partie n°1 : Acquisition du signal électronique provoqué par le passage des bulles

L'objectif de cette première partie de TP est de réaliser un circuit électronique analogique capable de :

- récupérer le signal électrique délivré par le capteur de bulle
- conditionner le signal reçu en un signal « exploitable » par un circuit de traitement numérique placé en aval

La figure ci-dessous présente la situation du problème.

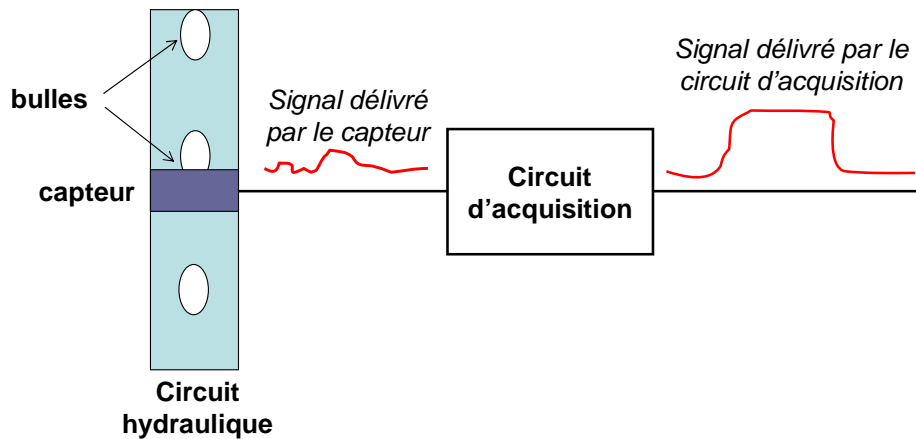


Fig. 4 – Position du problème durant la première partie du TP

1. Observation électrique d'une bulle.

Le passage d'une bulle dans l'eau a pour effet de modifier la résistance électrique du capteur. La résistance du capteur R_C s'exprime sous la forme suivante :

$$R_C = R_{C0} + \Delta r_C$$

où R_C correspond à une valeur moyenne de résistance obtenue lorsqu'il n'y a pas de passage de bulles, et Δr_C est la variation de la résistance causée par le passage d'une bulle. Afin de transformer le passage d'une bulle et la modification de la résistance électrique du capteur qui en résulte en un signal électrique, on utilise un montage de conversion courant tension présentée sur la figure ci-dessous.

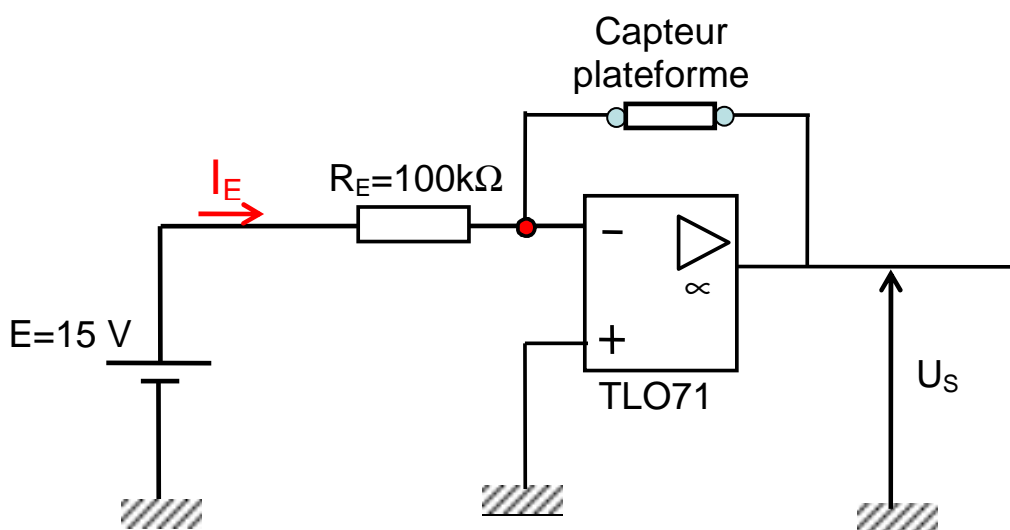


Fig. 5 – Montage de conversion courant tension

Q1] Exprimez la valeur de la tension de sortie U_S en fonction de la résistance du capteur et du courant I_E . Pourquoi est-il possible de mesurer la variation de résistance du capteur provoquée par le passage d'une bulle ? En déduire la forme qualitative des signaux de sortie.

Q2] Réalisez le montage convertisseur courant tension et observez la signature électrique des bulles en fonction de la taille et du débit des bulles.

Remarque : on veillera à bien alimenter les A.O en respectant les polarités des alimentations (cf. documentation technique du constructeur fournie en salle).

Q3] La fonction est-elle obtenue en absence de tensions de polarisation de l'A.O ? Pourquoi ?
Diminuez la valeur de la force électromotrice E. Qu'observe t-on ? Que se passe t-il si on change le signe de la force électromotrice. Pourquoi ?

2. Suppression de la composante continue du signal

Q4] Pourquoi est-il nécessaire de supprimer la composante continue du signal de sortie du montage précédent ?

Q5] Câblez un filtre passe haut avec les éléments suivants : $R_F=10\text{ k}\Omega$ et $C_F=1\text{ }\mu\text{F}$, puis vérifiez expérimentalement la nature de ce filtre.

Q6] Connectez la sortie du montage de conversion à l'entrée du filtre. Concluez sur l'effet du filtre. Ajustez la fréquence de coupure du filtre pour que la partie variable du signal de sortie ne soit pas affectée par le filtre. **Proposez une démarche expérimentale pour mesurer précisément la fréquence de coupure du filtre.**

3. Amplification du signal de « signature électrique d'une bulle ».

La signature électrique du passage d'une bulle est un signal de très faible amplitude. Pour exploiter ce signal, il est nécessaire de l'amplifier.

Q7] Pourquoi l'amplification directe du signal n'est-elle pas possible ?

On ajoute au montage précédent un montage amplificateur non inverseur pour amplifier le signal électrique provoqué par le passage d'une bulle (fig. 6). A noter que si la bulle provoque l'apparition d'une impulsion négative, il peut être souhaitable de câbler un amplificateur inverseur.

On souhaite atteindre une amplitude en sortie proche de 10 V. Dans un premier temps, on testera le montage amplificateur de manière isolée, avant de le connecter en sortie du filtre passe-haut.

Q8] Calculez le gain nécessaire à donner au montage amplificateur non inverseur et proposez des valeurs aux résistances du montage.

Q9] Réalisez le montage amplificateur ci-dessous. Mesurez le gain en tension du montage à base d'A.O. Vérifiez que le signal de sortie U_{S2} satisfasse aux caractéristiques demandées.

Q10] A partir de la datasheet de l'amplificateur opérationnel, déterminez la fréquence de coupure théorique du montage amplificateur. Vérifiez ce résultat expérimentalement. La fréquence de coupure est-elle suffisante pour notre application ?

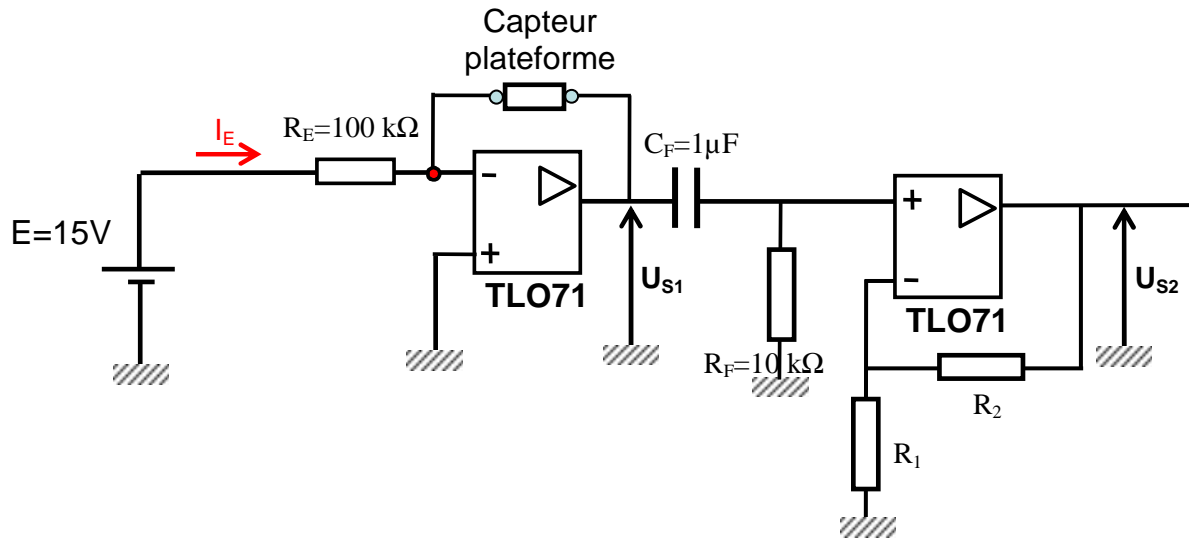


Fig. 6 – Montage d'acquisition du passage d'une bulle

V. Partie n°2 : Comptage automatique de bulles

Dans la partie précédente, vous avez réalisé le circuit permettant de faire l'acquisition d'un signal électrique provoqué par le passage d'une bulle dans le système hydraulique. Durant cette deuxième partie de TP, ce signal va être utilisé pour commander un circuit numérique de comptage de bulles et d'affichage 7 segments. La position du problème est décrite dans la figure ci-dessous.

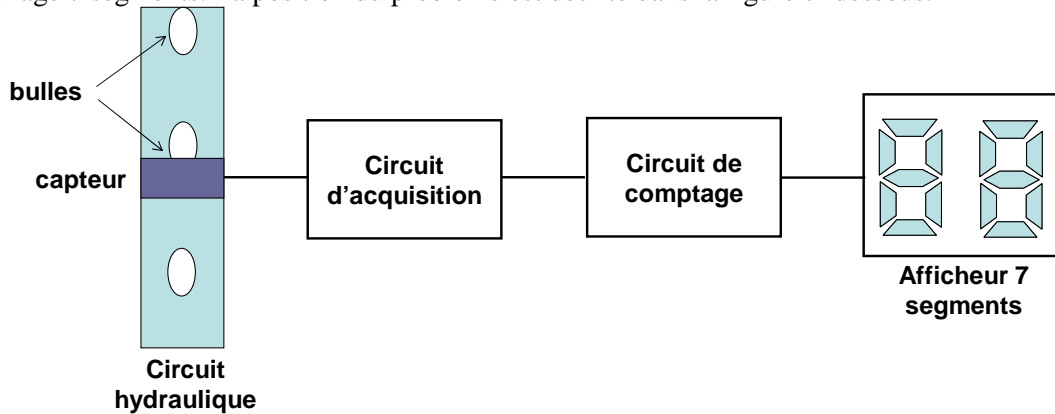


Fig. 7 – Position du problème durant le TP n°2

1. Utilisation d'un compteur

La première étape concerne la réalisation d'un compteur type 74HCT191 avec son affichage hexadécimal associé câblé sur un circuit imprimé mis à votre disposition.

Pour résumer, un compteur est un élément logique qui sous l'action d'un événement (front montant ou front descendant) associé à un signal d'HORLOGE, incrémente sa sortie qui est représentée en base binaire (base 2). Les caractéristiques du signal d'HORLOGE sont :

- signal positif (0 - 5 V en logique TTL)
- les circuits sont synchronisés sur les fronts, c'est-à-dire les passages d'un niveau à un autre

Le chronogramme (évolution temporelle des sorties binaires du compteur) est décrit ci-dessous dans le cas d'un compteur 4 sorties, ou 4 bits, actifs sur front descendant d'horloge. Le bit qui change d'état à chaque front d'horloge est appelé bit de poids faible.

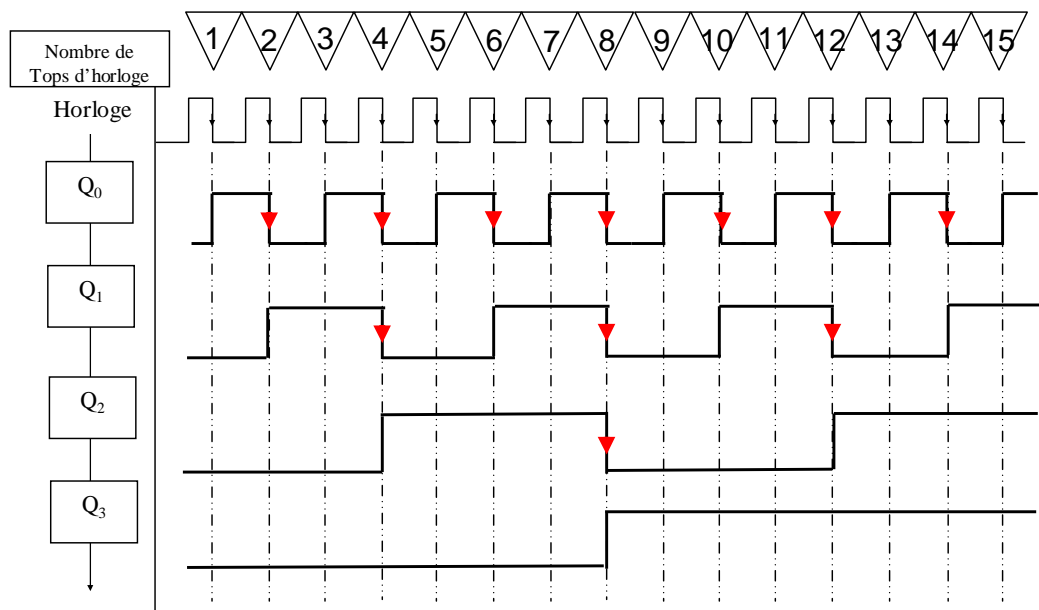


Fig. 8 – Chronogramme des sorties binaires d'un compteur

Q11] En vous référant à la documentation technique ou datasheet du compteur 74HC191, câblez le compteur de manière à compter à chaque front d'un signal d'horloge. Dans un premier temps, le signal d'horloge est fourni par un générateur basse fréquence (GBF). Après avoir fait vérifier votre câblage, vérifiez à l'oscilloscope le fonctionnement du compteur. Vous pourrez régler la fréquence du signal de sortie à 1 Hz. Observez les 4 sorties digitales du compteur.

Q12] Câblez l'afficheur 7 segments en sortie du compteur. Complétez le tableau ci-dessous en indiquant l'information affichée par l'afficheur sept segments.

Code en base dix	Code binaire sur 4 bits (Q ₃ Q ₂ Q ₁ Q ₀) avec Q ₀ poids faible	Affichage
0	0000	
1	0001	
2	0010	
3	0011	
4	0100	
5	0101	
6	0110	
7	0111	
8	1000	
9	1001	
10	1010	
11	1011	
12	1100	
13	1101	
14	1110	
15	1111	

Q13] En vous aidant de la datasheet, comment peut-on stopper le comptage ? Comment assurer la fonction décomptage ? Vérifiez expérimentalement que cela fonctionne.

Q14] On souhaite maintenant faire compter le compteur de manière cyclique de 0 à 9. Proposez un montage permettant d'y parvenir. Câblez et testez cette solution.

Q15] Proposez une façon de connecter le montage d'acquisition électrique des bulles et le montage compteur pour compter les bulles ? Quelles doivent être les caractéristiques du signal d'horloge ?

2. Transformation du signal « signature électrique d'une bulle » en signal d'horloge

On modifie le signal électrique associé à la signature du passage d'une bulle par le montage de la figure ci-dessous, basé sur l'utilisation du composant LM311 (un comparateur différentiel avec une sortie collecteur ouvert).

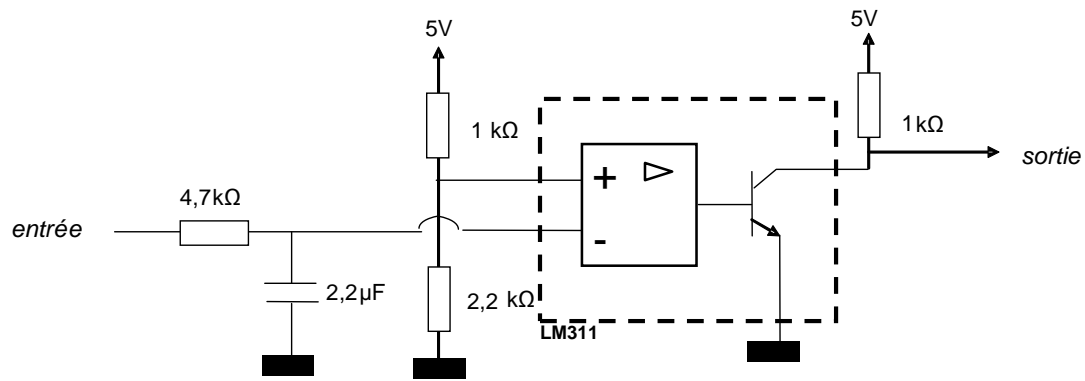


Fig. 9 – Montage d'interface entre le circuit d'acquisition électrique des bulles et du circuit de comptage

Q16] Expliquez le fonctionnement du montage d'interface.

Q17] Réalisez le montage ci-dessous puis vérifiez la forme du signal u_{clk} avant connexion au circuit d'interface.

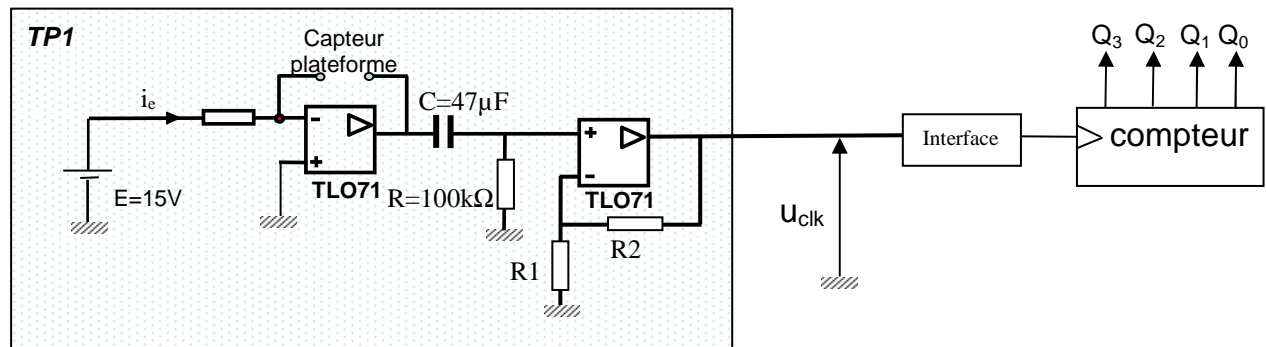


Fig. 10 – Circuit de comptage de bulles complet

Q18] Validez et optimisez votre système en fonction de différentes configurations de bulles (débit, taille, type de plateforme, ...).

Q19] Comparez les performances de votre système de comptage avec un autre binôme en vous connectant sur le capteur1 et sur le capteur2.

Avant de partir : A la fin de cette dernière séance, il vous est demandé de décâbler vos plaquettes puis de ranger les composants utilisés dans les casiers dédiés.