Logiciels et matériel

Sommaire

Utilisation simplifiée de regressi . . . 3
Acquisition de données : latis-pro . . . 5
Incertitudes avec gumMC . . . 7
Oscilloscope numérique . . . 13
Régler et utiliser un viseur à frontale fixe . . . 13
Régler un collimateur . . . 15
Régler une lunette autocollimatrice . . . 16
Régler un goniomètre . . . 18

Utilisation simplifiée de Regressi

Cette fiche ne présente que les fonctionnalités de base permettant d'obtenir un tracé et une modélisation à partir d'un ensemble de points expérimentaux saisis manuellement.

Pensez à enregistrer régulièrement votre travail dans votre dossier personnel sur le serveur du lycée : vous éviterez les déconvenues d'un crash du logiciel et pourrez conserver vos données.

Saisie de données au clavier - fenêtre Grandeur

- Aller dans le menu « Fichier », cliquer sur « Nouveau » puis « Clavier ».
- Compléter la zone de dialogue en donnant les noms et unités (éventuellement) des variables à saisir. Attention pour l'unité, le logiciel est sensible à la casse !
- On accède alors à la fenêtre 

.
- Saisir les données dans le tableau en respectant les unités.

Ajouter/modifier une grandeur

- Dans la fenêtre 

, cliquer sur 

- Dans la zone de dialogue, définir le nom ainsi que son unité éventuelle et choisir le type de grandeur (grandeur calculée, grandeur expérimentale).
  - Pour une grandeur calculée vous devez rentrer son expression. Le logiciel détermine automatiquement son unité en fonction de celles des autres grandeurs utilisées.
  - Pour modifier une grandeur calculée cliquer sur 

On peut utiliser les lettres grecques. Par exemple Ctrl a permet d'obtenir α. Dans 

on peut rentrer des constantes. Y sont également stockés les résultats des modèles.

Saisie des incertitudes

- Pour saisir les incertitudes il faut cliquer dans la fenêtre tableur sur 

- On doit rentrer **l'incertitude type** $u(\mathrm{X})$ de la grandeur X soit :
  - En double-cliquant sur $u(\mathrm{X})$ on peut rentrer une formule ou une valeur. Le logiciel calcule directement l'incertitude type.
  - Case par case. Cette option est à privilégier quand l'incertitude type varie d'un point de mesure à un autre.

Le logiciel sait propager les incertitudes entre différentes grandeurs. En revanche, si pour une grandeur il y a plusieurs incertitudes (appareil, latitude de mise au point, ...), c'est à vous de calculer au préalable l'incertitude-type adhoc.

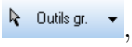
Fenêtre Graphe

— Cliquer sur 

pour afficher le graphique.

— En cliquant sur l'icône 

on accèdes aux options de tracé : choix de l'abscisse et de l'ordonnée, couleur du tracé, possibilité de relier les points entre eux, ajout/supression de courbes...

— En cliquant sur l'icône 

, on accède aux outils graphiques : pointer les coordonnées d'un point à l'aide du réticule, ajouter un texte, tracer une ligne, ...

— Possiblité également de zoomer sur une portion de la courbe avec la loupe 
, de définir une échelle manuelle avec 
ou de revenir à l'échelle de départ avec 
.

Affichage des incertitudes

— Faire un clic droit sur le graphe et cocher la case « Afficher les incertitudes »
— Si les incertitudes sont trop faibles on obtient des carrés. En zoomant on doit voir des ellipses.

Modélisation

> Le logiciel permet de faire un grand nombre de modélisations. De façon générale on essaie de se ramener à une regression linéaire. Par exemple pour tester la loi $I(x) = I_{max}\cos^2(\alpha)$, on crée une variable $cos2 = \cos^2(\alpha)$. On modélise alors I en fonction de $cos2$ de façon affine.

— Cliquer sur le menu déroulant « Modélisation » situé à gauche de la fenêtre graphique.

— On peut alors choisir parmi une liste de modèles prédéfinis en cliquant sur 
ou rentrer directement un modèle dans la fenêtre de calcul.

— Optimisation du modèle :
  — Sans prise en compte des incertitudes : **cliquer sur « Ajuster »**. On obtient alors le coefficient de corrélation.
  — Avec prise en compte des incertitudes : cocher la cas « Utilisation des incertitudes » dans les options de calcul, **cliquer ensuite sur « Ajuster »**.

— La courbe modèle s'affiche sur le graphe et la valeur des paramètres avec leur incertitude s'affiche sur la gauche. Les résultats de la modélisation sont stockés dans l'onglet 

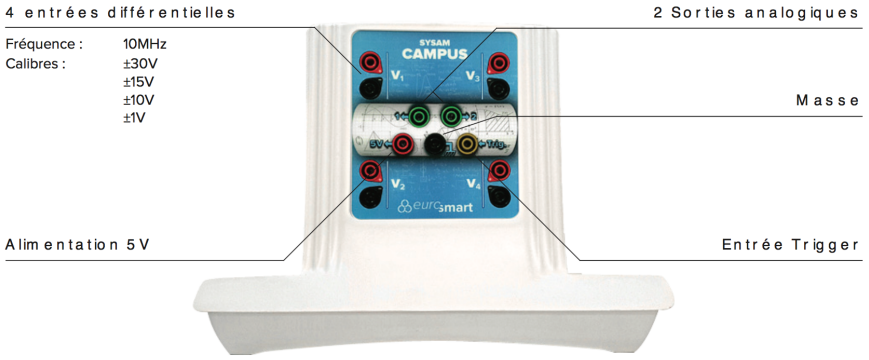
> Le logiciel affiche soit le coefficient de corrélation r^2, soit le $\chi^2_{\text{réduit}}$: pour valider le modèle on doit obtenir un $\chi^2_{\text{réduit}}$ de l'ordre de un. Si $\chi^2_{\text{réduit}} << 1$, le modèle est validé mais on a certainement sur-estimé les incertitudes. Si $\chi^2_{\text{réduit}} >> 1$, soit le modèle est invalidé, soit on a sous-estimé les incertitudes.

— Vous pouvez alors imprimer votre travail. Pensez à imprimer le **tableau de mesures** ! *Penser également à élargir les colonnes du tableur pour éviter les chevauchements de nombre à l'impression.*

Acquisition de données : Latis-Pro et carte Sysam-Campus

Présentation de la carte d'acquisition

La carte doit être alimentée (sur le secteur) et reliée à l'ordinateur via le port USB. Lancer le logiciel Latis-Pro. La carte s'allume si elle est bien détectée.

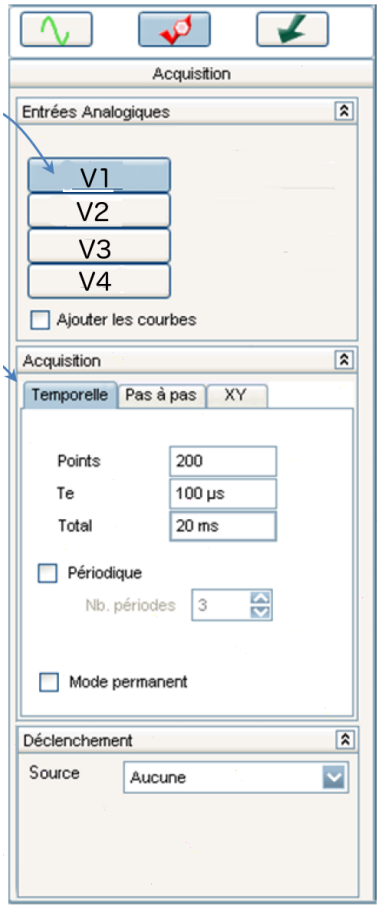


En TP on utilise essentiellement les quatre voies V1 à V4, sur lequelles on branche en dérivation la tension électrique à étudier. On peut alors réaliser des acquisitions temporelles de données.

Activation des entrées

Sélectionner la fonction Acquisition 

- Relier les deux fils de la tension à mesurer à la voie choisie V1, V2, V3 ou V4.
- Cliquer sur la voie pour l'activer. Elle apparait en bleu.
- Par défaut la carte est réglée sur le calibre ± 10 V. Dans certaines situations il est opportun de modifier les calibres. Faire un clic droit sur la voie sélectionnée puis choisir le calibre désiré.



> On peut renommer la voie V1, en effectuant un clic droit sur le bouton V1 et en choisissant l'option *Propriétés de la courbes*
>
> En cliquant sur *Ajouter les courbes* on peut superposer plusieurs acquisitions successives sans perdre les précédentes.

Déclenchement de l'acquisition

- Choisir le mode **Temporel** pour l'acquisition.
- Indiquer le nombre de points d'acquisition, ainsi que la durée totale.

> L'intervalle de temps T_e entre deux mesures est calculé à partir des données précédentes. Si on le modifie alors la durée totale est recalculée.

Le déclenchement ne débute que si la tension à mesurer est supérieure ou inférieure à une tension seuil.

- **Déclenchement direct :** appuyer sur **F10**. L'acquisition démarre. On peut interrompre l'acquisition en appuyant sur Esc.
- **Utilisation d'une source de déclenchement :** dans le menu *Déclenchement*, choisir la tension source pour le déclenchement (une des voies ou une source externe via la voie *Trigger* de la carte), le sens de variation (montant ou descendant) et le seuil de déclenchement. Lancer l'acquisition en appuyant sur **F10**. L'acquisition ne démarre que lorsque le seuil attendu est atteint.

Tracer des courbes

Cliquer sur l'icône  . La fenêtre de la liste des courbes apparaît.

- Faire un glisser-déplacer de la grandeur à représenter sur l'axe souhaité en amenant la variable à gauche de l'axe des ordonnées ou en dessous de l'axe des abscisses.

  | On peut ainsi représenter simplement une tension en fonction d'une autre par exemple.

- Un double-clic sur le nom d'une courbe dans la fenêtre de la liste des courbes permet de modifier la couleur, le style, l'unité, ...
- Pour créer une nouvelle fenêtre : menu *Fenêtres* puis *Nouvelle fenêtre* ou *CRTL + F*.

Exploiter une courbe

- Un clic droit sur la courbe permet d'accéder à de nombreux outils, en particulier la calibrage (redimensionne la fenêtre), le réticule (pour déterminer une coordonnée), la tangente (pour tracer la tangente en un point).
- le menu *Outils* puis *Mesures automatiques* permet d'afficher certaines caractéristiques de la courbe (période, fréquence, valeur moyenne,...)
- le menu *Traitements* puis *Calculs spécifiques* permet de réaliser quelques calculs comme la dérivée, l'intégrale, de faire l'analyse de Fourier du signal, ... Faire un glisser-déplacer de la courbe à traiter.

Modéliser une courbe par une fonction

Cliquer sur l'icône  ou appuyer sur F4, ou dans le menu « Traitements » choisir « Modélisation ».

- Faire glisser la courbe à modéliser dans le cadre prévu.
- Choisir le modèle parmi l'ensemble des modèles disponibles (ou sur Nouveau Modèle si on souhaite en définir un)
- Cliquer sur *Calculer le modèle* puis sur $>>$ pour avoir accès aux coefficients calculés ainsi qu'aux paramètres statistiques (coefficient de corrélation, écart-type).
- On peut fixer la valeur d'un paramètre en le rendant inactif. C'est utile en particulier si le logiciel n'arrive pas à converger vers une solution quand il y a trop de paramètres. Décocher le paramètre et relancer le calcul.

Utiliser la feuille de calcul

- Ouvrir *Traitements* puis *Feuille de Calculs*.
- Entrer les formules, sélectionner *Calcul* et Exécuter (F2). Les nouvelles variables sont alors calculées. Par exemple à partir de mesures de U et I on peut déduire les mesures de R = U/I

Utiliser le tableur

Cliquer sur l'icône  ou appuyer sur F11 pour faire apparaître la fenêtre du tableur.

- Créer une nouvelle variable : menu *Variables* choisir *Nouvelle* . Il faut alors entrer manuellement les valeurs.
- Afficher une variable : utiliser le glisser-déplacer pour amener la variable vers la colonne du tableur.
- Calculer une nouvelle variable : créer la variable à calculer. Sélectionner la colonne corresponante du tableau en cliquant sur la case contenant le nom de la variable. Dans la case fx saisir la formule voulue (en commençant toujours par =)
- On peut définir les constantes en utilisant la feuille de calcul : menu *Traitement* , sélectionner *Feuille de calcul* (ou appuyer sur F3). Taper dans la zone de saisie le nom de la constante et sa valeur puis appuyer sur F2. La constante peut être utilisée dans les formules du tableur.

Gum_mc sur un exemple

Le logiciel Gum_mc permet de calculer et propager toutes les sortes possible d'incertitudes. On ne l'utilisera que de façon simplifiée dans le cadre des capacités exigibles en PCSI, sachant que l'utilisation de scripts python reste recommandée.

Données obtenues

On réalise la mesure de la célérité de la lumière $c = f\,(\mathrm{L}_1 - \mathrm{L}_2)/10$ selon le protocole décrit dans le sujet « Célérité des ondes ultrasonores ».

On obtient les résultats suivants :

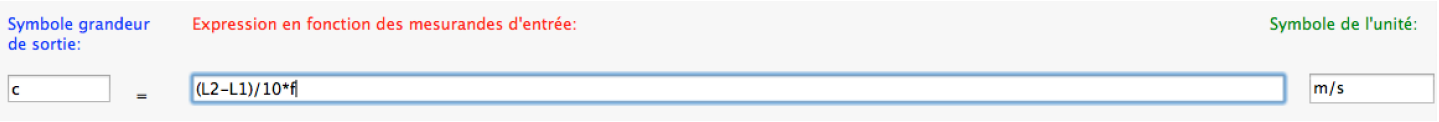
— Fréquence : $f = 40$ kHz, supposée parfaitement connue.

— $\mathrm{L}_1 = 1,2$ cm, avec deux sources d'incertitude : la lecture de type B (échelle graduée), associée à une incertitude type $u_1(\mathrm{L}_1) = (1\text{ mm})/\sqrt{12}$, la latitude sur la position liée à l'expérimentateur, que l'on estime à $u_2(\mathrm{L}_1) = (1\text{ mm})/\sqrt{12}$.

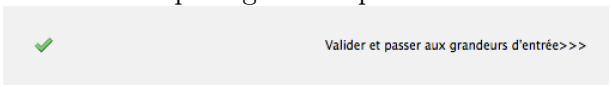
— $\mathrm{L}_2 = 10,2$ cm, avec les mêmes incertitudes que pour L_1.

Exploitation

— Saisie de l'expression :

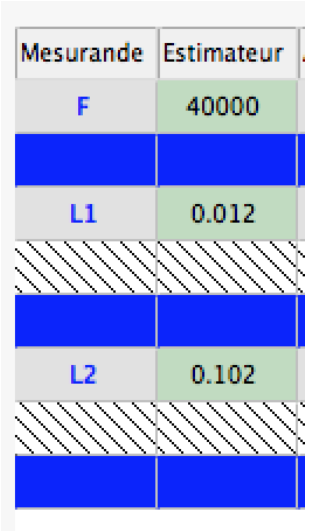


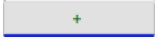
— Validation et passage à l'étape suivante :



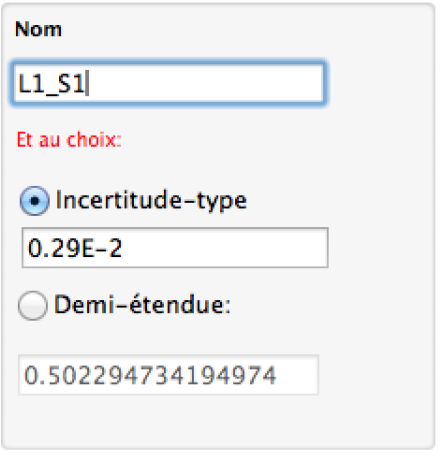
À faire à chaque étape !

— Saisie des valeurs expérimentales (*Attention aux unités !*) :



— Saisie des incertitudes : on clique sur  autant de fois qu'il y a d'incertitudes pour chaque valeur (deux fois pour L_1 et L_2 ici).

Pour une incertitude de type A on doit rentrer toutes les valeurs, pour une de type B on ne rentre que l'incertitude type (voir fiche technique « Évaluer une incertitude de type B »



On se limite au cas le plus simple : pas de corrélation entre les incertitudes, dis-

tribution de type rectangulaire.

— Cliquer sur « Valider et générer la grandeur de sortie »

— Le logiciel propage les incertitudes selon plusieurs méthodes. Aller sur l'onglet



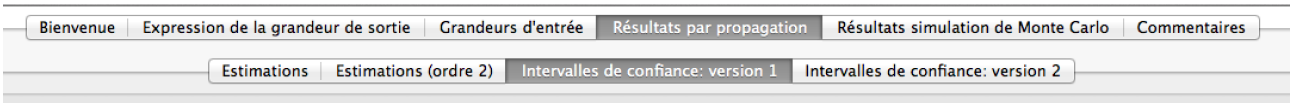
Le résultat est lisible dans le tableau suivant :

Taux de confiance	Facteur d'élargissement k	Incertitude élargie U	Intervalle [y-U ; y+U]	Ecriture finale (1 chiffre sur incertitude)	Ecriture finale (2 chiffres sur incertitude)
75%	1.15	29.8 m/s	[330.2 ; 389.8]	(36±3)E1m/s	(360±30)m/s
95%	1.96	50.8 m/s	[309.2 ; 410.8]	(36±5)E1m/s	(360±51)m/s
99%	2.58	66.8 m/s	[293.2 ; 426.8]	(36±7)E1m/s	(360±67)m/s

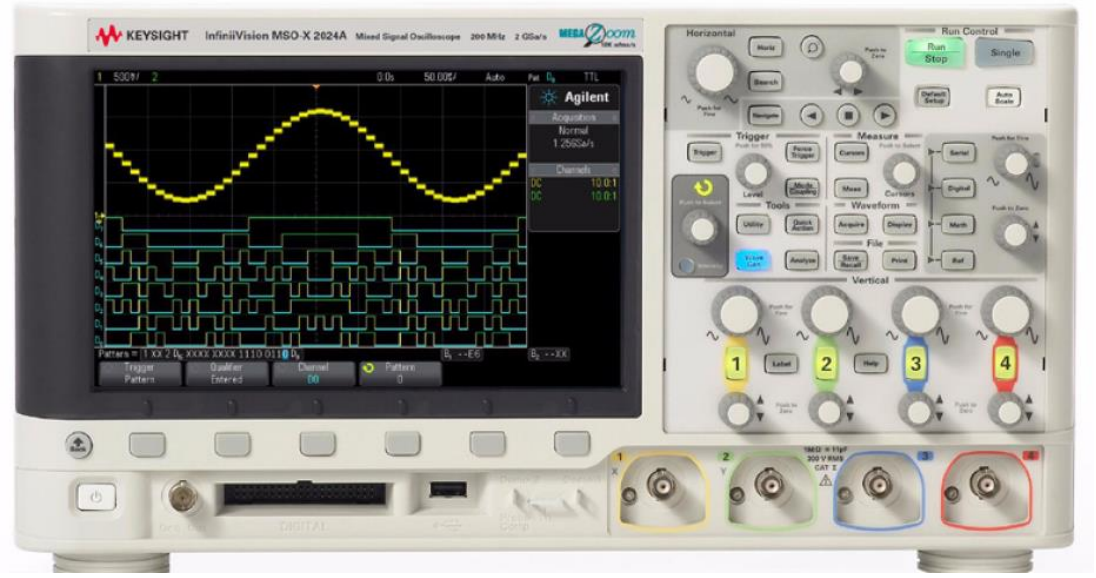
Ici on écrira donc

$$c = 360 \pm 51 \text{ m/s} \qquad \text{au niveau de confiance de } 95\%$$

Si on doit faire des modifications, on peut naviguer directement depuis les onglets sans avoir à recommencer depuis le début.



OSCILLOSCOPE NUMERIQUE



I. Principe

I.1. Généralité

L'oscilloscope est un appareil permettant de visualiser l'évolution temporelle d'une (ou deux) tension(s) électrique(s) et de faire un certain nombre d'opérations sur cette (ces) tension(s) : addition, soustraction, analyse spectrale, . . .
Un spot lumineux balaie l'écran avec une vitesse réglable. Il est dévié verticalement proportionnellement à la tension.
Le balayage est répété périodiquement ce qui permet de « figer » l'écran, si les réglages sont corrects.

I.2. Branchements

Lors de la mesure d'une tension, on mesure en fait une différence de potentiel entre deux points : le potentiel est donc défini à une constante près.

Pour fixer cette constante, on choisit un point de référence dans le circuit, dont le potentiel est arbitrairement fixé à zéro : c'est la Masse.

Le symbole de cette Masse est : 

Souvent, pour des raisons de sécurité, la masse est reliée à la prise de Terre de l'installation électrique (c'est le cas pour le GBF et l'oscilloscope).

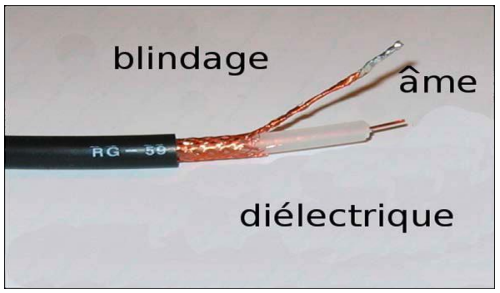
Cette Terre est représentée par le symbole : 

Par convention :
la Masse est en noir,
la Terre est jaune et vert.

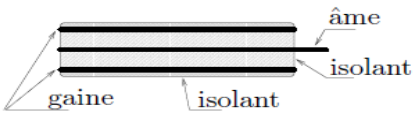
I.3. Câble coaxial et prise BNC

Un câble coaxial est constitué :
- d'un conducteur central, appelé l'âme
- d'un conducteur périphérique, appelé gaine (nappe cylindrique de fils tressés.)
- pour séparer les deux, une matière plastique isolante.

La gaine est reliée à la Masse des appareils connectés, donc à la Terre.
Le signal est la tension v(t) entre l'âme et la gaine.
La gaine joue le rôle de cage de Faraday : elle protège le signal dans l'âme des perturbations électromagnétiques environnantes (due aux tubes phosphorescents, transformateurs, ...).



Structure du câble





Prise BNC

➔Pour éviter les éventuels problèmes relatifs à la masse (court-circuit), prendre l'habitude d'utiliser des fils noirs dans les circuits électriques au niveau de la masse.

II. Utilisation simplifiée

II.1. Points importants

- Lors de l'utilisation d'un oscilloscope :
  - ▸ Ne pas laisser le spot fixe ;
  - ▸ Ne pas envoyer plus de 10 V de signal pic à pic ;
  - ▸ Relier toutes les masses avec un fil noir ;
  - ▸ Utiliser des câbles coaxiaux pour éviter les parasites ;
  - ▸ Utiliser un transformateur d'isolement pour éviter les courts-circuits.

II.2. Description sommaire de l'oscilloscope numérique DSOX 2002

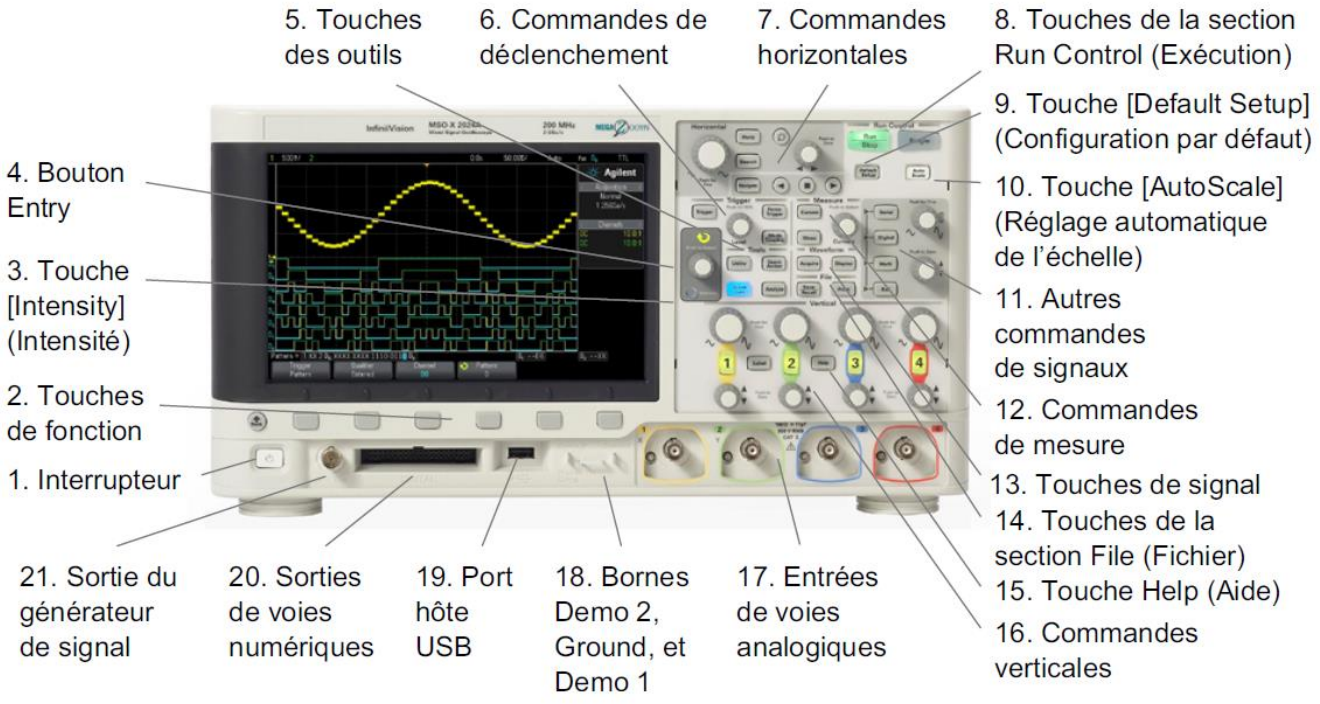
II.2.1. Présentation

• La façade

L'oscilloscope présente, en face avant, des boutons rotatifs, des touches grises :

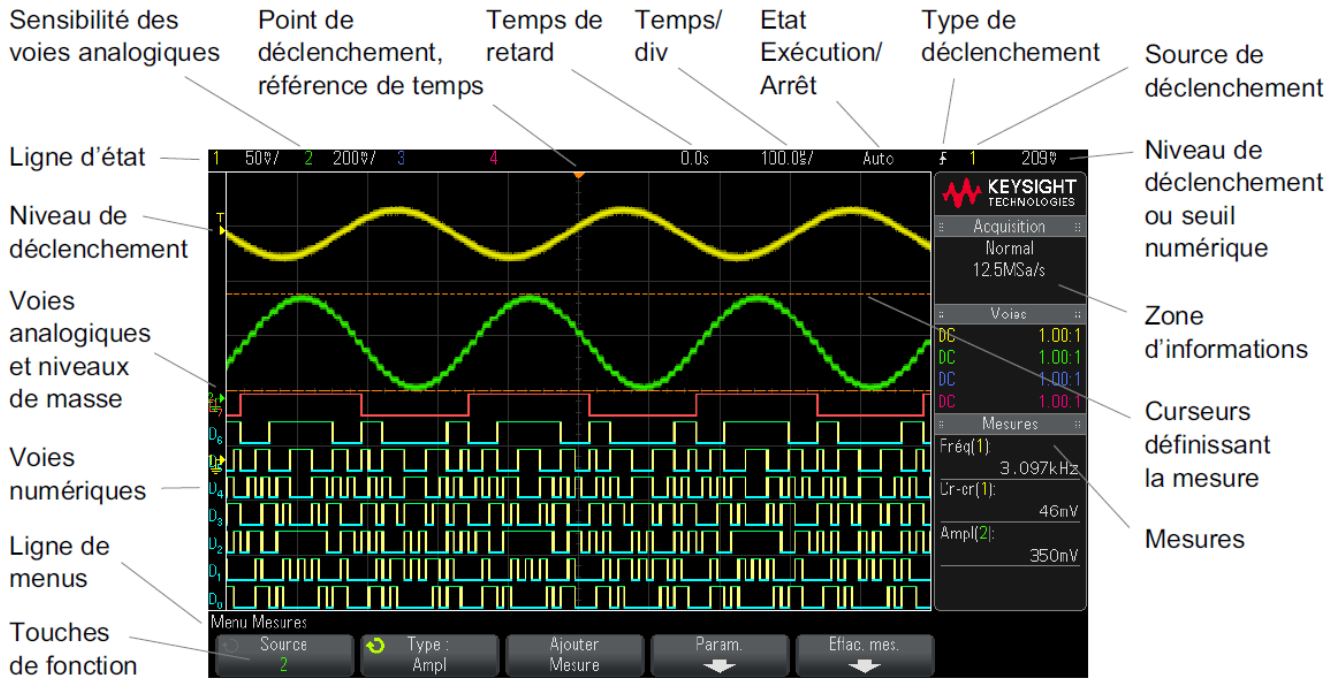
- Les boutons rotatifs sont similaires à ceux des oscilloscopes analogiques, ils servent à déplacer le signal ou à modifier l'affichage (calibres).
- Les touches grises permettent d'afficher à l'écran des menus qui apparaissent au bas de l'écran et auxquels on peut accéder par pression sur les touches.

La configuration de l'oscilloscope est résumée sur le côté de l'écran.



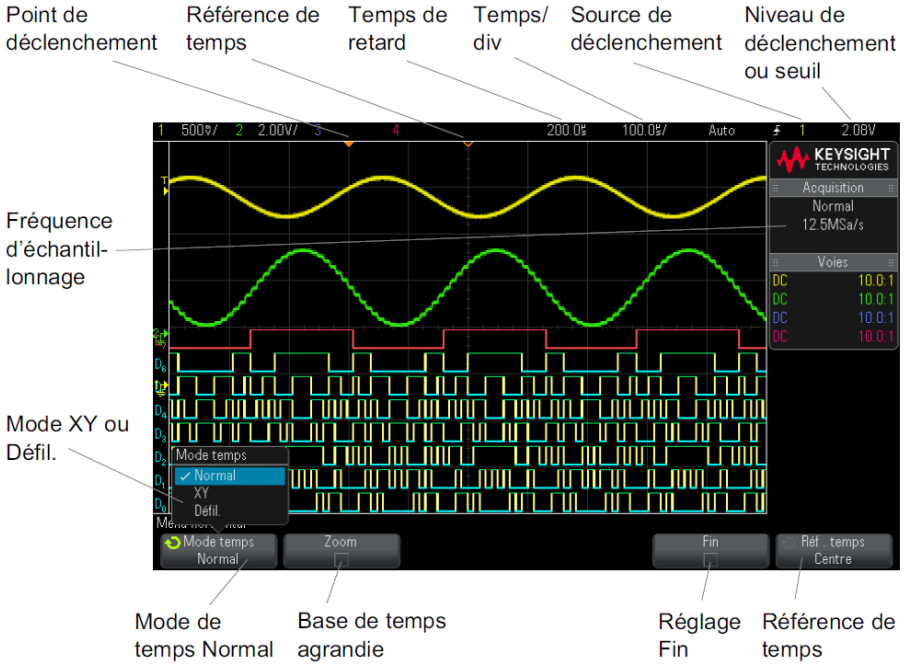
1.	Interrupteur	Appuyez une fois pour mettre l'oscilloscope sous tension, une deuxième fois pour l'arrêter.
2.	Touches de fonction	Les fonctions de ces touches varient selon les menus présentés à l'écran directement au-dessus des touches. La touche : Back/Up permet de se déplacer vers le haut dans la hiérarchie des menus des touches de fonction. Au sommet de la hiérarchie, cette touche désactive les menus, laissant apparaître des informations sur l'oscilloscope.
3.	Touche [Intensity] (intensité)	Appuyez sur la touche pour l'allumer. Une fois la touche allumée, faites tourner le bouton Entry pour régler la luminosité des signaux. Vous pouvez faire varier la luminosité pour mettre en évidence des détails sur les signaux, comme sur un oscilloscope analogique. La luminosité des signaux des voies numériques n'est pas réglable.

• Interprétation de l'affichage de l'oscilloscope



II.2.2. Commandes horizontales

En appuyant sur le bouton **[Horiz]** (touche 7 en façade), l'écran à l'allure suivante



• Réglage de la base de temps

Faites tourner le bouton d'échelle horizontale (vitesse de balayage) libellé ∿∿ pour modifier le réglage temps/div horizontal.
Les informations temps/div renseignées dans la ligne d'état changent.
Le symbole ∇ figurant en haut de l'écran indique le point de référence de temps.

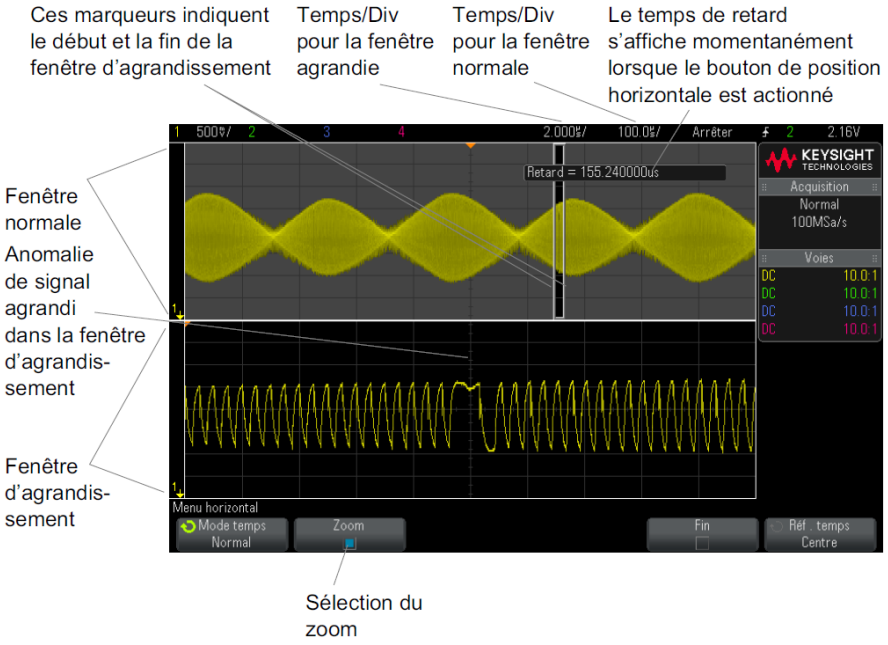
• Mode

Dans le menu **[Horiz],** la fonction **Mode De Temps** permet de choisir le mode d'affichage :

- Normal : le déclanchement est activé, un triangle en haut de l'écran montre la position du point de déclanchement.
- XY
- Défilement : pas de déclanchement, ce mode est utile pour les signaux qui varient lentement.

• Zoom

En appuyant sur le bouton **[loupe]** ou [Horiz] puis zoom, l'écran se scinde en deux et une zone agrandie est visible en bas de l'écran :



- La base de temps permet de changer la taille du zoom ;
- Le bouton <> permet de déplacer la zone grandie.

• Fin

La fonction **Fin** permet de faire varier finement la base de temps

• Centre

[Horiz] puis Réf. Temps : permet de placer l'instant du déclenchement au centre, à droite ou à gauche de l'écran.

II.2.3. Déclanchement

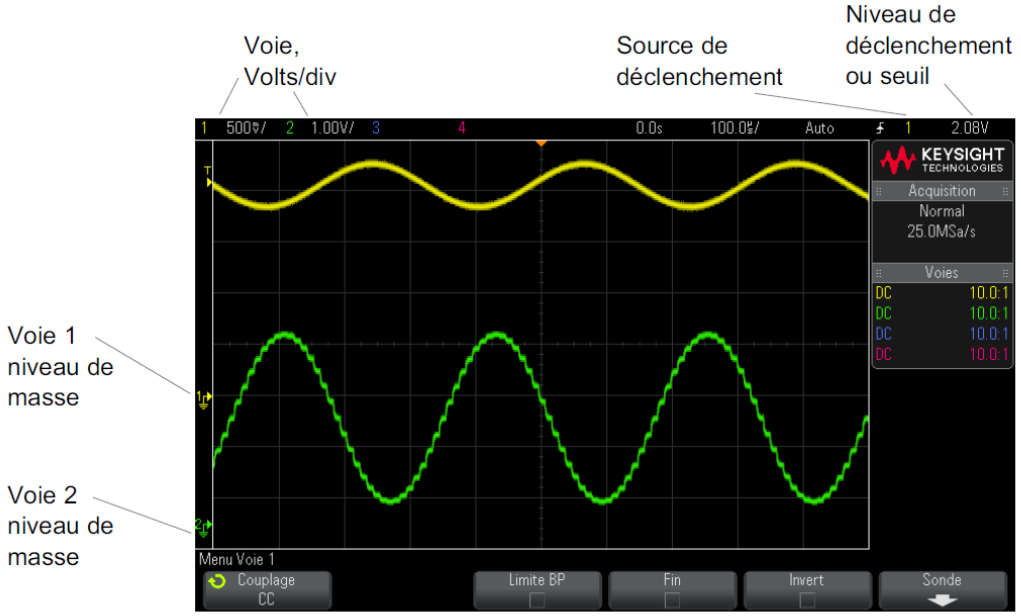
Le bouton **Trigger** permet d'accéder aux réglages classiques : type de déclenchement, source et pente.
Le bouton rotatif dans le cadre **Trigger** permet de régler le niveau de déclenchement indiqué par un T à gauche de l'écran. Une pression sur le bouton le met à mis hauteur de la voie choisie.
Le bouton Mode/Coupling permet d'accéder aux réglages précis du déclanchement :



- en mode Auto : affichage même si les conditions de déclenchement ne sont pas réunies
- en mode Normal : affichage figé sur le dernier déclenchement ; possibilité de forcé un déclenchement avec **Force Trigger**. Option utile pour les acquisitions mono-coup

II.2.4. Commandes verticales

En appuyant sur **[1]** ou **[2]**, on fait apparaitre le menu suivant :



Appuyez sur la touche d'une voie analogique pour activer ou désactiver cette dernière (et afficher le menu correspondant). Lorsqu'une voie est activée, la touche correspondante est allumée.

Désactivation de voies :
Pour désactiver une voie, il faut que le menu correspondant soit affiché. Par exemple, si les voies1 et 2 sont activées et que le menu de la voie2 est affiché, vous devez, pour désactiver la voie1, appuyer sur **[1]** pour afficher le menu correspondant, puis appuyer à nouveau sur **[1]** pour désactiver cette voie.

• Réglage de la sensibilité
Faites tourner le bouton situé au-dessus de la touche de voie portant le libellé pour en régler la sensibilité (volts/division).
La valeur Volts/Div de la voie analogique est affichée dans la ligne d'état.
• Réglage de la position verticale
Faites tourner le petit bouton de position vertical pour déplacer le signal de la voie vers le haut ou le bas sur l'écran.
• Définition du couplage des voix
1 Appuyez sur la touche de voie souhaitée.
2 Dans le Menu Voie, appuyez sur la touche de fonction **Couplage** pour sélectionner le couplage des voies d'entrée :
- **CC** — Le couplage en courant continu (CC) permet d'observer les signaux jusqu'à des fréquences de l'ordre de 0Hz qui ne présentent pas de tensions continues de décalage important.
- **CA** — Le couplage en courant alternatif (CA) permet d'observer les signaux ayant des tensions continues de décalage important. Le couplage CA introduit un filtre passe-haut de 10Hz en série, le signal d'entrée supprimant toute tension continue de décalage présente sur ce signal.

• Fin
La fonction **Fin** permet de faire varier finement la sensibilité verticale

II.2.5. Mesures

• Curseurs
Le bouton Cursors permet d'utiliser les curseurs.
- Mode Manuel : les curseurs en X et Y sont indépendants
- Mode Suivi : l'utilisateur peut régler les positions X1 et X2 : les valeurs de Y1 et Y2 sont imposées par la trace étudiées.

• Mesures
Le bouton Meas permet de réaliser des mesures sur les signaux.
Pour retard et phase, le menu Param permet de choisir la seconde voie.
Dans le menu Param : réglage des niveaux haut et bas pour les mesures de temps de montée, de descente,.....

Régler et utiliser un viseur à frontale fixe

Présentation

Le viseur est une lunette donnant d'un objet à distance finie une image au Punctum Remotum (P.R.) de l'observateur (soit à l'infini pour un œil normal).

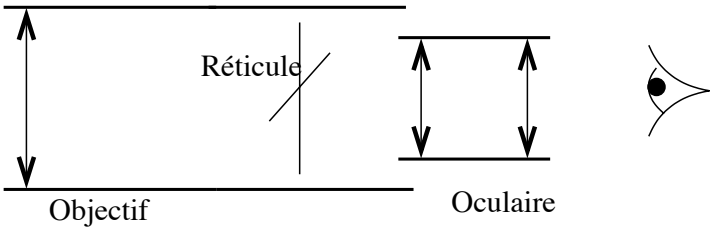


FIGURE 1.1: Structure d'un viseur à frontale fixe.

Il comprend un objectif et un oculaire. Le viseur n'est formé que de deux tubes : l'un contenant l'objectif et le réticule et le deuxième l'oculaire. **La distance objectif-réticule** est fixée et c'est pour cela qu'on parle de **lunette à frontale fixe** (Figure 1.1). L'oculaire est réglable, pour pouvoir l'adapter à chaque utilisateur.

Le viseur est bien réglé si l'œil voit simultanément et sans accommodation le réticule et l'objet.

*

Construction géométrique

On assimile l'objectif à une lentille convergente L_1 et l'oculaire à une lentille convergente L_2. La figure 1.2 représente le parcours d'un faisceau lumineux issu d'un objet à distance finie à travers le viseur lorsque l'image finale est à l'infini :

FIGURE 1.2: Viseur réglé pour un œil sain

Réglage et utilisation

Si le réticule se situe dans le même plan que l'image de l'objet par l'objectif, alors l'œil voit simultanément net l'objet et le réticule ce qui permet de réaliser des pointés.

Réglage

- Tourner la bague de l'oculaire jusqu'à voir le réticule net. On vérifie que le réglage est correct en approchant rapidement l'œil de l'oculaire celui-ci doit voir immédiatement le réticule net. S'il y a un léger temps d'accommodation, le réglage est à refaire.
- Déplacer le viseur sur le banc d'optique de manière à voir net l'objet visé.
- Faire un hochement de tête : on doit voir bouger simultanément l'objet et le viseur. Si ce n'est pas le cas, alors il y a un défaut de parallaxe et il faut parfaire le réglage de l'oculaire.

> **Attention :** une fois le réglage de l'oculaire réalisé, il ne faut plus y toucher. En revanche ce réglage est propre à chaque utilisateur. Il est donc à refaire si l'utilisateur change.

Utilisation

La lecture de la position du viseur permet de déterminer celle de l'objet connaissant la frontale (la distance entre l'objet et l'objectif).

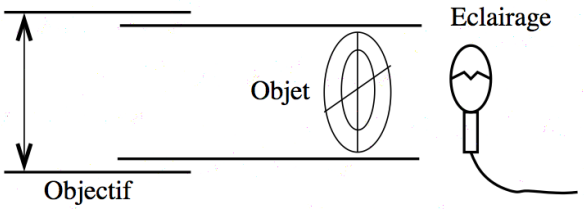
Dans la situation courante où la frontale n'est pas connue, on procède par différence : on mesure une distance en effectuant deux pointés successifs. Le déplacement du viseur entre les deux pointés correspond à la distance mesurée.

Régler un collimateur

Description

Le collimateur sert à fabriquer un objet à l'infini. Il est formé de deux tubes :

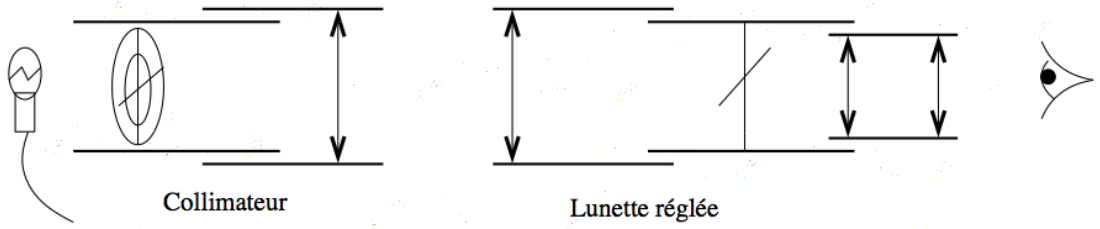
- l'un contenant une lentille convergente ;
- l'autre contenant un objet et une ampoule ou seulement une fente que l'on peut éclairer avec une source extérieure. La largeur de la fente est réglable à l'aide d'une vis.



Réglage

Pour régler le collimateur, il suffit d'amener l'objet ou la fente objet dans le plan focal objet de la lentille en faisant coulisser l'un des tubes par rapport à l'autre.

Le réglage à l'œil n'est pas possible car l'œil accommode et verra l'image nette même si elle n'est pas à l'infini.



Mode opératoire : Éclairer le collimateur, fente ouverte. Le viser avec une lunette préalablement réglée à l'infini. Tourne la bague de tirage du collimateur jusqu'à voir nette l'image. Corriger l'éventuelle erreur de parallaxe en faisant un hochement de tête. Affiner ensuite la fente.

Régler une lunette autocollimatrice

La lunette de visée est un instrument optique utilisé essentiellement pour observer un objet situé à l'infini et pour réaliser des repérages précis d'angles. On rencontre également l'appellation « lunette afocale ». La lunette autocollimatrice est une lunette de visée sur laquelle est ajouté un dispositif de réglage particulier.

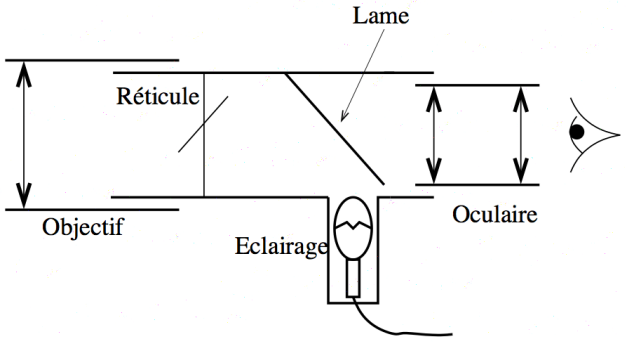
Principe d'utilisation d'une lunette de visée

Structure

Une lunette est formée de trois tubes coaxiaux qui peuvent coulisser les uns dans les autres :

- le premier contient l'objectif, que l'on modélise dans la suite par une lentille mince convergente.
- le dernier l'oculaire (représenté ici de façon réaliste avec deux lentilles).
- Ces deux tubes sont mobiles par rapport au tube du milieu contenant un repère en forme de croix que l'on nomme **réticule**, ici représenté en perspective.

La présence d'un dispositif d'éclairage et d'une lame semi-réfléchissante est spécifique à la lunette **autocollimatrice** : ils ne servent que pour son réglage.



Utilisation avec un œil emmétrope

- La lunette est utilisée pour pointer un objet AB situé à l'infini. Son image intermédiaire A_iB_i est donc dans le plan focal image de l'objectif : $A_i = F'_{obj}$. Le réticule est situé dans ce même plan.
- L'œil, placé du côté de l'oculaire, voit l'image de A_iB_i et du réticule par l'oculaire **sans accomodation**.
- L'œil emmétrope ayant son P.R. à l'infini, cela suppose que l'image de A_iB_i par l'oculaire soit à l'infini, il faut que A_iB_i et le réticule soient dans le plan focal objet de l'oculaire.

La lunette est afocale (réglée à l'infini) si $F_{oc} = F'_{obj}$

Marche des rayons

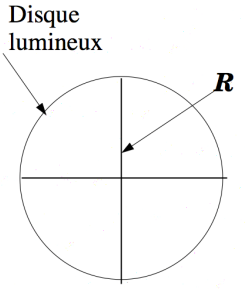
On modélise l'objectif par une lentille convergente, l'oculaire par une lentille convergente. Tracer la marche des rayons à travers la lunette issus d'un objet à l'infini hors de l'axe optique.

Réglage de la lunette

Le réglage de la lunette a pour but de faire coïncider l'image d'un objet à l'infini dans le plan du réticule, de sorte que l'oculaire les conjugue au P.R. de l'œil. Pour cela il faut disposer d'un objet à l'infini :

- que l'on peut observer directement (en pointant un objet au loin) ;
- ou que l'on peut fabriquer lorsque qu'un pointage direct est impossible : dans ce cas on utilise une lunette de visée **autocollimatrice**.

Réglage de l'oculaire



But du réglage : Faire en sorte que l'image du réticule par l'oculaire soit au P.R. de l'œil. Pour l'œil sain, cela revient à faire correspondre le plan du réticule et le plan focal objet de l'oculaire.

Mode opératoire : tourner la bague de l'oculaire jusqu'à voir le réticule net. Enlever l'œil et regarder à l'infini. Le rapprocher rapidement de l'oculaire : on doit voir le réticule net sans temps d'accomodation.

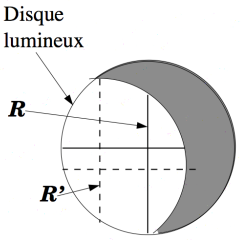
Réglage de l'objectif

But du réglage : Faire correspondre le plan du réticule et le plan focal image de l'objectif, de manière à ce que l'image de l'objet par l'objectif soit dans le plan du réticule.

Utilisation de l'autocollimation

La lame semi-réfléchissante située dans le tube intermédiaire permet d'éclairer le réticule en utilisant l'ampoule. La lumière produite par l'ampoule sort du côté de l'objectif.

L'objectif est réglé si le réticule est dans son plan focal image. On utilise la méthode d'autocollimation :



- On place un miroir devant l'objectif. L'oeil observe alors directement le réticule $\mathcal{R}$ (net car l'objectif est réglé), mais aussi son image $\mathcal{R}'$ par le sytstème { objectif $\rightarrow$ miroir $\rightarrow$ objectif }.
- Si le réticule est dans le plan focal image de l'objectif, alors on a la succession suivante ($\mathcal{R}_1$ et $\mathcal{R}_2$ étant les images intermédiaires) :

$$\mathcal{R} \xrightarrow{\text{objectif}} \mathcal{R}_1 = \infty \xrightarrow{\text{miroir}} \mathcal{R}_2 = \infty \xrightarrow{\text{objectif}} \mathcal{R}' = \mathcal{R}$$

- Dès lors on voit **simultanément** net le réticule et son image.

Mode opératoire : abaisser la lame semi-réfléchissante et éclairer le réticule. Placer un miroir plan devant l'objectif. Tourner la bague de l'objectif jusqu'à voir le réticule net et son image nets simultanément. Effectuer un léger hochement de tête devant l'oculaire. Si l'image observée reste immobile par rapport au réticule, le réglage est correct. Si l'image semble se déplacer par rapport au réticule, parfaire le réglage.

> Le hochement de tête permet de corriger l'erreur dite de **parallaxe**. On veut que l'image intermédiaire soit exactement dans le plan du réticule. Mais du fait de sa lattitude de mise au point, l'œil peut voir simultanément nets des objets qui sont dans des plans proches mais différents . En bougeant la tête deux objets nets situés dans deux plans différents se déplacent l'un par rapport à l'autre.
>
> Pour la plupart des lunettes, la lame semi-réfléchissante est escamotable. Une fois la lunette réglée, on peut relever cette lame pour **éviter d'avoir des réflexions parasites** lors des observations.

Utilisation

Le réglage est alors terminé, et la lunette se trouve dans la configuration $F_{oc} = F'_{obj}$ si l'œil utilisé est effectivement emmétrope.

Quand l'utilisateur change, **il ne faut absolument pas toucher au réglage de l'objectif mais on modifie le réglage de l'oculaire**.

Il suffit de conjuguer le plan du réticule (qui est celui de l'image intermédiaire) avec le P.R. de l'œil, donc de tourner la bague de l'oculaire jusqu'à voir le réticule net sans accommodation.

> Pour un myope, le P.R. étant devant l'œil, il faut que l'oculaire donne une image virtuelle, comme une loupe : il faut donc rapprocher l'oculaire du réticule. Par contre, pour un hypermétrope, le P.R. étant derrière l'œil, il faut que l'oculaire donne une image réelle : il faut donc éloigner l'oculaire du réticule.

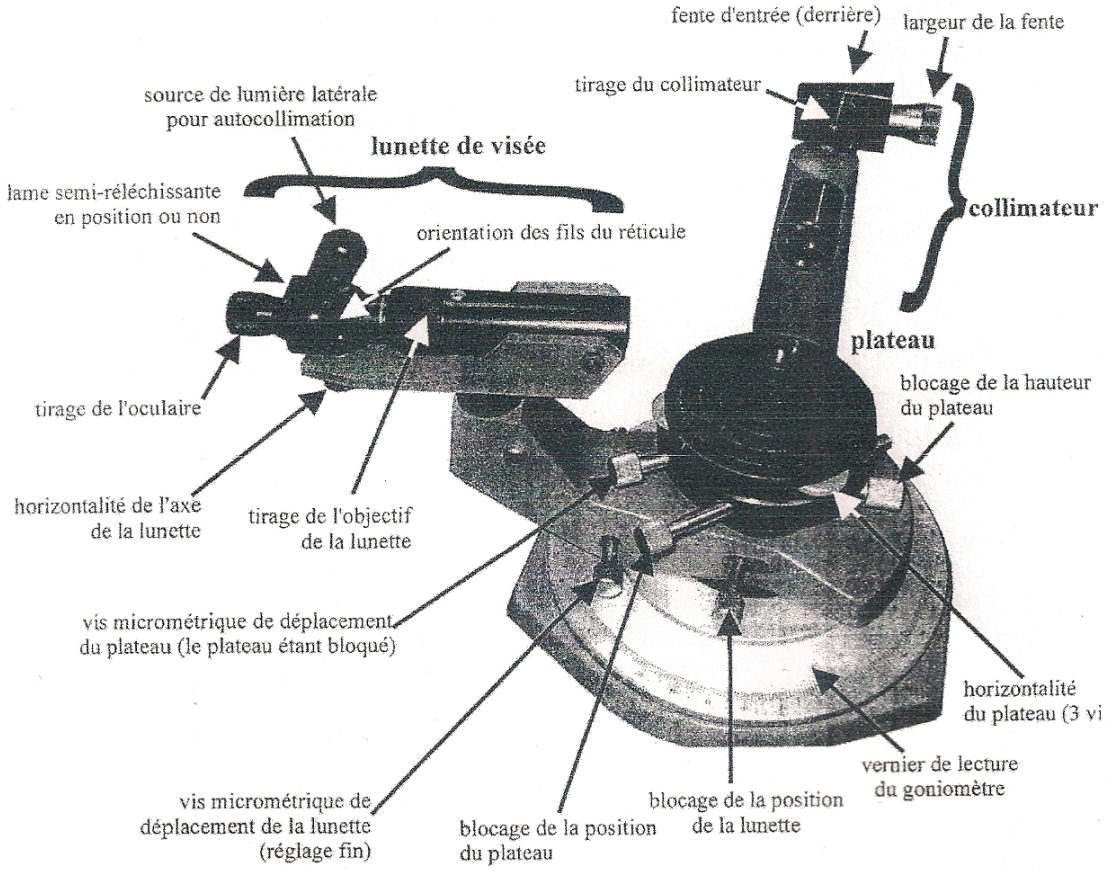
Régler un goniomètre

Description du goniomètre

Un goniomètre est un appareil qui sert à mesurer des angles avec une précision de l'ordre de la minute d'arc.

> Pour mémoire $60'$ correspond à $1\ ^\circ$. Par exemple $1,2\ ^\circ = 1^\circ\ 12'$.

Il est constitué des éléments suivants :
— un collimateur C solidaire du l'ensemble fixe du goniomètre créant un objet lumineux à l'infini à l'aide d'une fenté éclairée par une lampe spectrale.
— une lunette de visée L autocollimatrice. Elle peut tourner autour de l'axe vertical Δ du goniomètre, sa position pouvant être repérée grâce aux graduations portées sur un grand cercle. On peut régler l'horizontalité de la lunette.
— un plateau P sur lequel sera posé l'élément dispersant la lumière (un prisme ou un réseau) étudier. Ce plateau peut tourner autour de l'axe Δ. Le plateau peut être incliné grâce à trois vis calantes.



Réglages optiques

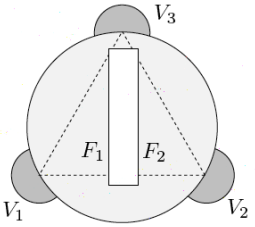
- Procéder au réglage de la lunette de visée en utilisant le protocole « Régler une lunette autocollimatrice ». Penser à affiner le réglage (hochement de tête).
- Régler le collimateur : viser le collimateur avec la lunette autocollimatrice, faire la mise au point de la fente.
- Tourner le réticule de la lunette de façon à ce que le fil vertical du réticule soit parallèle aux bords de la fente.

Réglages géométriques

Pour utiliser le goniomètre avec une précision de 1 minute d'angle, il faut que l'axe optique Δ_L de la lunette soit perpendiculaire à l'axe de rotation Δ commun à la lunette et au plateau.

Préliminaires

- Vérifier à l'œil que le plateau est grossièrement perpendiculaire à Δ et l'on dispose de suffisamment de marge de manœuvre pour le régler précisément.
- Placer le réseau sur le plateau de la façon indiquée sur la figure ci-contre.



Réglages (voir figure page 8)

On note :

- Δ l'axe de rotation principal du goniomètre. Le plateau et la lunette tournent autour de cet axe ;
- Δ_L l'axe optique de la lunette ;
- Δ_i l'axe perpendiculaire à Δ : le but du réglage est d'avoir $\Delta_L = \Delta_i$;
- Δ_{lame} l'axe perpendiculaire aux deux faces du réseau.

On réalise des autocollimations successives sur chacune des faces du réseau jusqu'à ce que R et R′ coïncident pour les deux positions (avec le réseau on n'aligne que les disques lumineux). L'axe de la lunette Δ_L est alors perpendiculaire à l'axe Δ de rotation du goniomètre. Lorsque l'on fait tourner la lunette autour de Δ, l'axe optique Δ_L balaye un plan horizontal, perpendiculaire à Δ.

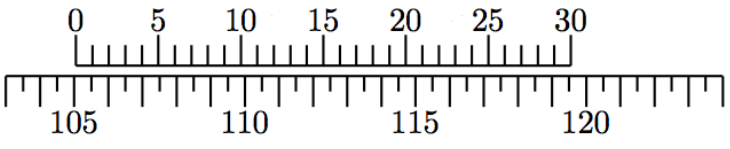
> Une fois ce réglage effectué, il ne faut plus toucher à la vis V_L qui permet de faire basculer la lunette autour de l'axe horizontal.

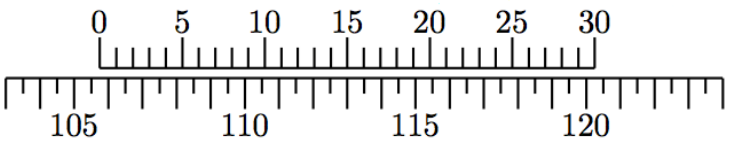
Lecture d'un vernier

Le vernier du goniomètre permet de lire les angles avec une précision d'une minute d'arc grâce à deux ensembles de graduations.

L'une est portée sur la partie fixe de l'appareil : une graduation tous les 1/2 degrés. L'autre est portée par la partie mobile : elle comporte 30 graduations sur une longueur correspondant à 29 graduations de la partie fixe. (Autre possibilité : graduation tous les degrés sur la partie fixe, et 60 graduations sur la partie mobile).

La lecture d'un vernier est illustrée par les exemples suivants :



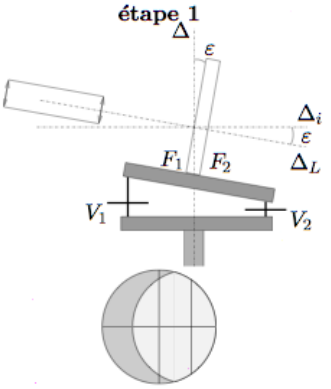


- Le 0 du vernier coïncide avec la graduation 105 de la partie fixe : l'angle lu est donc 105 00′
- Le 0 du vernier est entre les graduations 105 00′ et 105 30′. Cela fournit une première estimation de l'angle. Le 3 du vernier coïncide avec une graduation de l'échelle fixe : l'angle est 105 03′
- Le 0 du vernier est entre les graduations 105 30′ et 106 00′. Cela fournit une première estimation de l'angle. Le 15 du vernier coïncide avec une graduation de l'échelle fixe : l'angle est 105 45′

Réglages géométriques

Avec le réseau on ne voit pas nécessairement la croix.
On centre alors simplement le disque lumineux.

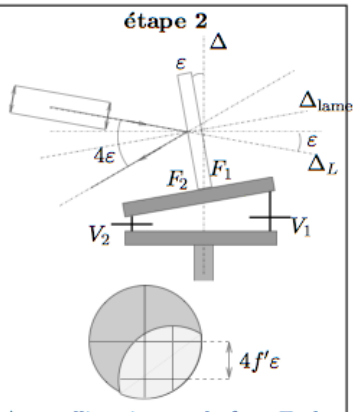
étape 1



Autocollimation sur la face F_1 de la lame. Orienter la lunette de façon que R et R' soient confondus : on a alors $\Delta_L = \Delta_{\text{lame}}$.
L'angle d'incidence du faisceau issu de la lunette sur la lame est nul.

rotation du plateau de 180°

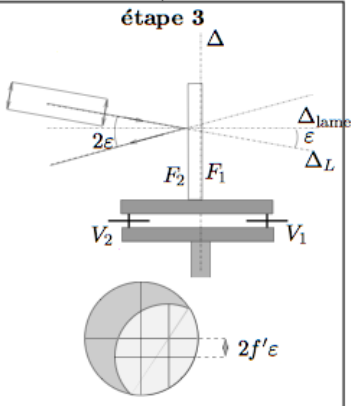
étape 2



Autocollimation sur la face F_2 de la lame.
L'angle d'incidence du faisceau issu de la lunette sur la lame est 2ε.
L' angle entre la direction dans laquelle est vu R et celle où est vu R' vaut 4ε.

Agir sur V_2 et V_1 pour réduire de moitié l'écart vertical entre R et R'

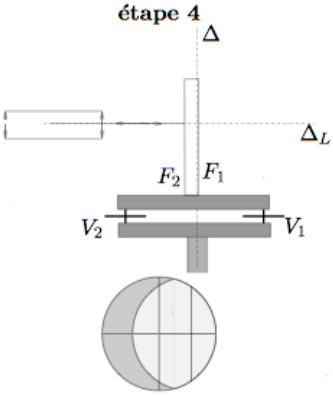
étape 3



Autocollimation sur la face F_2 de la lame.
On a alors quasiment $\Delta_{\text{lame}} \perp \Delta$.
L'angle d'incidence du faisceau issu de la lunette sur la lame est ε.
L'angle entre la direction dans laquelle est vu R et celle où est vu R' vaut 2ε.

Tourner la mollette qui incline la lunette, pour réduire totalement l'écart vertical entre R et R'

étape 4



Autocollimation sur la face F_2 de la lame.
On a alors quasiment $\Delta_L \simeq \Delta_{\text{lame}} \perp \Delta$.

En réalité, il reste un écart $\varepsilon' \ll \varepsilon$: en échangeant les rôles de F_1 et F_2, passer à l'étape 2 et réitérer le processus.