

# INTERFÉROMÈTRE DE MACH-ZEHNDER

## U53. ANALYSE DES PERFORMANCES DU SYSTÈME

### 3.1. Éléments à votre disposition

#### 3.1.1. Matériel

#### 3.1.2. Documentation

#### 3.1.3. Logiciels

Liste du matériel	U51	U52	U53
Laser He-Ne		X	
Cube séparateur		X	
Lame séparatrice 50/50		X	
Miroirs		X	
Lentille $f = 16 \text{ mm}$		X	
Enceinte étanche		X	
Pompe à vide		X	
Syst. de mesure de pression		X	
Capteur à photodiode + ampli		X	
<b>ou</b> détecteur silicium Thorlabs		X	
Carte A/N Eurosmart		X	
Éléments mécaniques et électriques de liaison		X	
Micro-ordinateur	X	X	X
Imprimante	X	X	X

Liste de la documentation	U51	U52	U53
Dossier technique	X	X	X

Liste des logiciels	U51	U52	U53
Mach		X	X
Orcad9			X
Excel		X	X

### 3.2. Travail demandé

#### 3.2.1. Précision des mesures

- L'exemple du *cadre 1* a été obtenu en vidant l'air de la cuve jusqu'à  $P_1 = 372 \text{ mbars}$ . On a laissé l'air ambiant pénétrer dans la cuve d'épaisseur  $e = 50,0 \pm 0,2 \text{ mm}$ . On estime que  $N' = 12,7$  ( $N = 11,7$  interfranges ont défilé) lorsque la pression affichée en fin d'acquisition est  $P_2 = 865 \text{ mbars}$  (la différence de pression est :  $\Delta P = P_2 - P_1 = 0,493 \text{ bar}$ ) :

• 
$$n_0 = 1 + 1,013 \frac{N\lambda}{e\Delta P} \quad \text{Calculez } n_0.$$

- Les grandeurs physiques utilisées ( $N, \lambda, e, P$ ) sont mesurées, puis traitées par le logiciel pour obtenir l'indice de l'air  $n_0$ .  $N$  mesure le nombre d'interfranges au dixième de frange près. La longueur d'onde du laser est connue au dixième de nanomètre près. La précision sur l'épaisseur  $e$  de la cuve est indiquée ci-dessus, et la pression est mesurée à 0.01 bar près. Estimer l'incertitude sur ces grandeurs:  $\delta N$  ;  $\delta \lambda$  ;  $\delta P$  ;  $\delta e$ .
- Utiliser le logiciel *Mach\_LV*, commande [Mesure/Indice air](#) pour mettre en évidence la propagation sur  $n_0$  des incertitudes estimées. Initialiser les données comme indiqué *cadre 1*. On remplira tout d'abord les conditions expérimentales, puis les franges avec les valeurs indiquées et on appuiera sur « calculer n ». On obtiendra  $n_0$ .
- Modifier successivement les valeurs de  $P_1, P_2, e, \lambda$ , et  $N$  de l'incertitude estimée correspondante (exemple *cadre 4*) dans le logiciel, puis calculer et noter la variation correspondante de  $n_0$ . Compléter alors le tableau *cadre 2*.
- Quelles sont les grandeurs qui interviennent le plus dans la précision de la mesure de l'indice de l'air ?

Conditions expérimentales

Pression initiale (bar)

Pression finale (bar)

Longueur cavité (mm)

Longueur d'onde laser (nm)

---

Franges

Nombre de franges

Franges partielles

Calculer automatiquement le nombre de franges

---

Indice de l'air

n calculé

Calculer n

cadre 1 : Après acquisition des mesures on calcule  $n_0 = 1,000279$ .

- Proposer des modifications au système qui permettraient d'améliorer la précision de la mesure.

3.2.2. Analyse des résultats

- À partir de vos résultats ou du fichier secours cadre 3, calculer l'indice de l'air  $n_0$  (on peut utiliser les fonctions Excel MOYENNE; ECARTYPE; INTERVALLE.CONFIANCE ou travailler à la calculatrice).
- Évaluer la précision de votre résultat en tenant compte des réflexions faites en 3.2.1 puis conclure.
- Comparer le résultat à la valeur  $n_0$  de l'indice de l'air calculée en U51 d'après la formule d'Edlen (pour  $\lambda = 0,6328 \mu\text{m}$  et dans les conditions indiquées).

[Conditions expérimentales](#)

Pression initiale (bar)  
0.3819

Pression finale (bar)  
0.865

Longueur cavité (mm)  
50

Longueur d'onde laser (nm)  
632.8

---

[Franges](#)

Nombre de franges  
11

Franges partielles  
0.738224

Calculer automatiquement le nombre de franges

---

[Indice de l'air](#)

n calculé  
1.000285

Calculer n

cadre 4 : Une erreur de 0,01 bar sur  $P_1$  induit une erreur de  $\delta n_0 = 1,000285 - 1,0002792 = 5,8 \cdot 10^{-6}$  sur  $n_0$ .

Grandeur	Incertitude estimée	Grandeur mesurée	$n_0$ calculé	Donnée modifiée	$n_0$	$\delta n_0$	Incertitude relative
$P_1$	$\delta P_1 = 0,01 \text{ bar}$	0,419 bar	1.0002792	0,409 bar	1,0002741	$5,1 \cdot 10^{-6}$	$\frac{\delta P_1 + \delta P_2}{P_2 - P_1}$
$P_2$		0,961 bar					
e		50,0 mm					$\frac{\delta e}{e}$
$\lambda$		632,8 nm					$\frac{\delta \lambda}{\lambda}$
$N'$		12,8					$\frac{\delta N'}{N'}$

cadre 2 : Propagation des erreurs.

Rq. : Dans les calculs, c'est  $\Delta P = P_2 - P_1$  qui intervient. L'incertitude sur  $\delta(P_2 - P_1)$  est  $\delta P_1 + \delta P_2$   
 $N$  (nbre d'interfranges) =  $N' - 1$ .  $\delta N = \delta N'$ .

Essai n°	1	2	3	4	5	6	7
$P_1$	420	414	416	562	417	419	417
$P_2$	959	978	963	991	959	961	957
Nb. de franges $N'$ (tot. + part.)	12,7	13,3	12,9	10,4	12,8	12,8	12,8
$n_0$	1.0002782	1.0002796	1.0002789	1.0002810	1.0002789	1.0002792	1.0002800

cadre 3 : Fichier secours.

### 3.2.3. Étude des performances de la carte de conversion A/N

On se propose de vérifier les performances de la carte de conversion analogique/numérique (A/N) installée dans l'ordinateur. Pour cela on étudiera le comportement de ce convertisseur par l'intermédiaire du logiciel labview.

#### 3.2.3.1. Étude de la résolution du convertisseur

- La résolution de la carte est de 12 bits pour une plage d'acquisition à pleine échelle de 10 V. Quelle est la résolution en mV de la carte (voir cadre 3 du dossier technique) ?
- Sous *Labview*, ouvrir le fichier *resolution.vi*. Le fichier simule la numérisation d'un signal d'entrée  $V_e$  ayant la forme d'une rampe de tension. Le résultat numérique  $N$  de sortie est donné sous forme d'un nombre entier. Valider le bouton lancer la simulation apparait alors le graphe cadre 5..
- Commenter l'allure du signal de sortie  $N=f(v_e)$ . Utiliser les 2 curseurs sur le graphe pour déterminer l'écart de tension  $V_e$  qui provoque une augmentation d'une unité du nombre  $N$ . Certaines valeurs de  $N$  correspondent à la numérisation exacte de  $V_e$  (erreur nulle, voir caractéristique rouge). Pour d'autres valeurs de  $V_e$ , une erreur de numérisation est commise. Donner en utilisant les curseurs l'erreur maximale de numérisation (en mV) qui est commise.

#### 3.2.3.2. Étude de la réponse en fréquence du convertisseur

On essaiera dans cette simulation de déterminer le signal le plus rapide que peut traiter la carte d'acquisition.

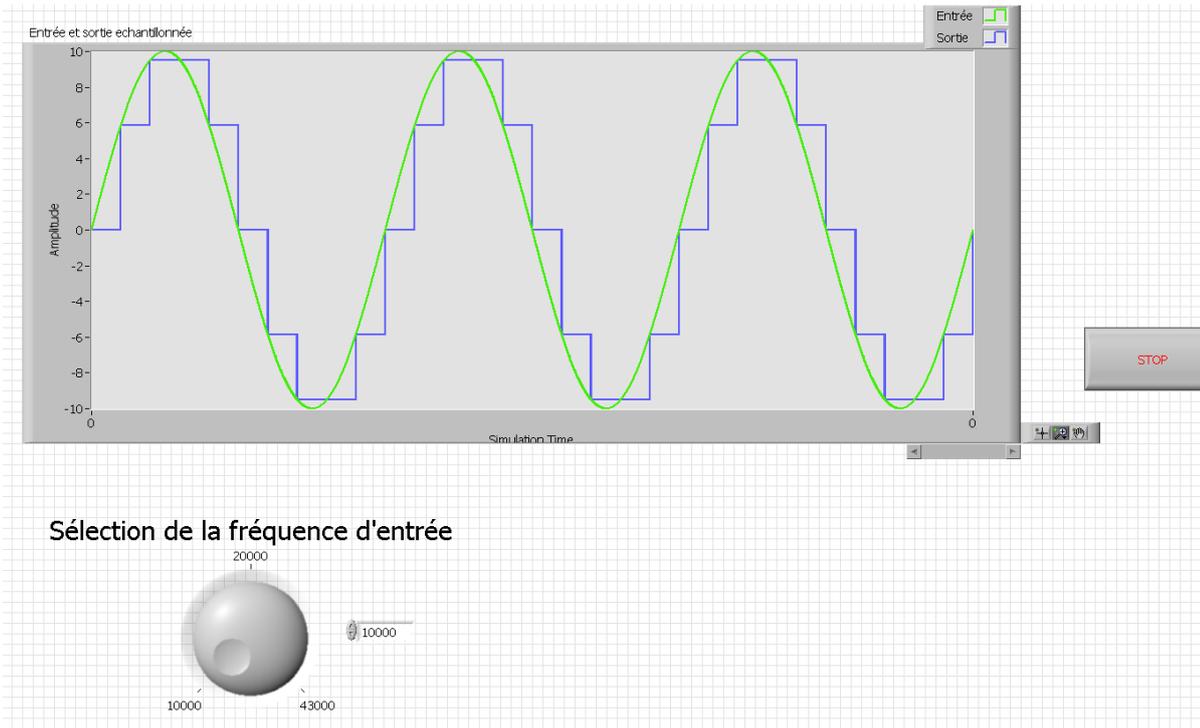
Le théorème de Shannon précise qu'une acquisition ne peut se faire correctement que si l'on échantillonne à au moins deux fois la fréquence la plus rapide comprise dans le signal.

- Détermination de  $F_{MAX}$ .
- Si le temps de conversion de la carte A/N est de  $10 \mu s$ , quelle est la fréquence maximale que pourrait avoir le signal d'entrée  $V_e$  si l'on veut respecter le critère de Shannon ?



cadre 5.

- Ouvrir sous Labview le fichier *frequence.vi*. Modifier la fréquence du signal d'entrée  $V_e$ . On fera la simulation pour trois fréquences différentes : 10 kHz, 20 kHz, 43kHz, voir *cadre 5*.
- Pour ces trois fréquences, que remarquez-vous concernant l'allure du signal  $V_{out}$  par rapport à  $V_e$ ? Quelles sont dans cette simulation les fréquences qui seront les mieux analysées par le convertisseur analogique numérique.



cadre 6 : Analyse en fréquence.

### 3.2.4. Problématique du TP

Un laboratoire a utilisé cette technique pour mesurer l'indice d'un gaz inconnu, incolore et inodore. A l'aide de ces mesures, déterminer le gaz analysé, pour cela lire le fichier « gazinco.mach ».

Les conditions expérimentales sont les suivantes :

- Pression initiale : 0.4869 bars
- Pression finale : 0.9477 bars
- Longueur de la cavité : 50 mm
- Longueur d'onde du laser utilisé : 632.8 nm
- Mesure faites à 20°C.

Tableau d'indice des gaz à 20°C

Gaz	Indice
Dioxyde de carbone (CO <sub>2</sub> )	1.000449
Monoxyde de carbone (CO)	1.000305
Argon	1.000281
Chlore	1.000768
Azote	1.000297
Hélium	1.000036
Hydrogène	1.000140
Oxygène	1.000276