

Fiche pédagogique le

SYSTEME DE CARACTERISATION D'UNE DIODE LASER

Niveau :

1^{ième} année de BTS systèmes photoniques.

Objectifs :

En possession des documents et des informations techniques complémentaires nécessaires, l'élève doit être capable de mettre en œuvre un système de caractérisation d'une diode laser.

- → C C1.1 : Analyser un cahier des charges
- → C1.2 : Définir l'architecture fonctionnelle d'un système
- \rightarrow C1.3 : Proposer des solutions techniques
- \rightarrow C1.5 : Simuler et valider les solutions techniques
- \rightarrow C2.1 : Assembler les composants
- → C2.3 : Régler le système
- \rightarrow C3.1 : Mettre en œuvre un système optique
- \rightarrow C3.2 : Valider un système
- \rightarrow C5.3 : Synthétiser des données techniques.

Forme :

TP de 6 heures, par binôme ou trinôme.

Pré-requis :

- Lecture de dossiers ressources.
- Connaissance en mathématiques, optique, mécanique et informatique.

Méthode :

On donne :	On demande :	On évalue :
 Un sujet de T.P., Un dossier technique. Les logiciels associés au TP Tout le matériel nécessaire à la mise en œuvre du système. 	 De faire l'analyse fonctionnelle du système. De mettre en œuvre le système. D'analyser les performances du système. 	 La compréhension du principe de fonctionnement en mode asservi et non asservi et l'influence de l'intensité ou la température sur la variation en longueur d'onde. La mise en œuvre du système. L'analyse des résultats obtenus lors de la mise œuvre du système. L'attitude, l'autonomie. Le résultat obtenu Le respect des règles de sécurité La présentation du compte rendu.



SYSTÈMES DE CARACTÉRISATION DE LASERS

1. ANALYSE FONCTIONNELLE DU SYSTÈME

1.1. Éléments à votre disposition

- 1.1.1. Matériel
 - Voir cadre 1
- 1.1.2. Documentation
- Voir cadre 2
- 1.1.3. Logiciels Voir cadre 3

Liste du matériel Banc de test laser ES-760

Console Labmaster et amplificateur Détecteur LM-2 et LM-2 IR Diode laser à caractériser 2255-6175 Laser YAG en kit Micro-ordinateur Carte A/N USB6009 Imprimante

cadre 1

Liste de la documentation

Dossier technique

cadre 2

Liste des logiciels	
Banlas_LV	
Labview	
Excel	

cadre 3

Problématique du TP : Un industriel spécialisé dans les TELECOM doit, pour obtenir un minimum d'erreurs dans ses transmissions numériques, générer un faisceau laser de longueur d'onde et de puissance les plus stables possible .il veut donc connaitre avec précision l'influence des variations (intensité, température) sur la puissance et la longueur d'onde.

1.2. Simulation du fonctionnement d'une diode laser asservie en puissance

Un moyen de stabiliser une source laser en puissance est de l'asservir en puissance : l'utilisateur indique la puissance qu'il souhaite, et la fait comparer à la puissance effectivement émise par la source. Cette dernière est corrigée pour correspondre à la puissance voulue.

On se propose d'étudier à l'aide du logiciel de simulation *Labview*, le comportement modélisé d'un asservissement d'une diode laser .Voir *Erreur ! Source du renvoi introuvable.*.

1.2.1. Fichier Laser_non_asservi.vi

- Ouvrir le vi Laser_non_asservi.vi sous cadre 4: Schéma électronique et fichier labview en mode non asservi Labview.
- 4 graphes sont représentés : lphotodiode=f(t),Plaser=f(t),Plaser=f(lphotodiode),Plaser=f(lFlaser)
- Ajuster la température de fonctionnement à 20°C
- Ajuster ensuite la consigne Plaser pour avoir une puissance laser de 1mW
- Préciser quel est la valeur du courant Laser IF dans cette configuration
- Faire varier la température entre 0° et 70°C
- Que remarquez-vous sur la puissance de la diode laser en fonction de la température dans ce mode de fonctionnement ?
- Que remarquez vous alors sur le courant laser en fonction de la température dans ce mode de fonctionnement ?





Diode laser

Plot 0

1.2.2. Fichier Laser_asservi.vi

- Ouvrir le vi Laser_asservi.vi sous Labview
- Ajuster la consigne PLASER à 2.98 et la consigne température à 20°C
- Donner pour ces 2 consignes la valeur de Plaser et de lphotodiode.
- Faire varier la température de 0° à 70°.
- Que remarquez vous sur le courant laser en fonction de la température dans ce mode de fonctionnement ?
- Que fait la puissance lors des variations cadre 5 : Fichier Labview en mode asservi. de température dans ce mode ?

1.2.3. Conclusion

- Préciser l'élément essentiel intégré dans la diode laser qui permet la réalisation de l'asservissement en puissance de la diode laser.
- En fonction de la température, quelle est la différence de fonctionnement (courant et puissance de la diode laser) qui existe dans le mode asservi et non asservi ?



1.3. Diode laser telecom

1.3.1. Questions préliminaires

Rechercher dans la documentation constructeur, pour une température de 25°C :

- Longueur d'onde du laser :
- Courant laser limite I_L (d'après graphe dossier technique) :
- Courant limite I_{ALARME} =I_L-5% (à régler sur ES760) :
- Caractéristiques du point de fonctionnement préconisé :

 $P_f =$

$$V_f =$$

 $I_{f} =$

- Courant de seuil (I_{Th}) :
- Module à effet Peltier : [OUI/NON] ?
- Photodiode PIN de contrôle : [OUI/NON] ?
- Quelle est la cellule de mesure à connecter au Labmaster (LM2 ou LM2-IR, voir cadre 6) ?
- Quel est le rôle de la photodiode de monitoring intégrée dans le boîtier de la diode laser ?
- Que vaut le courant photodiode lorsque la puissance émise par la DL est nulle puis lorsqu'elle vaut 1,6mW ?
- Quel est le rôle du composant Peltier intégré dans le boîtier ?



1.3.2. Stabilité de la diode laser

- Retrouver dans la documentation constructeur le coefficient maximum en (nm/K) de la variation de longueur d'onde due à la variation de température ?
- De combien (valeur maximale) peut varier la longueur d'onde centrale si la température passe de 25°C à 5°C ?
- Retrouver aussi dans cette même documentation le coefficient maximum en (nm/mA) de la variation de longueur d'onde due à la variation d'intensité dans la diode laser.
- De combien (valeur maximale) peut varier la longueur d'onde centrale si le courant de la DL passe de 40mA à 50mA ?
- Comparer ces variations à la largeur spectrale. Laquelle des 2 variations (courant, température) est la plus importante en télécommunication, sachant qu'on transporte une information sur une longueur d'onde précise.

LM-2			
Spectral Reponse	400 nm to 1080 nm		
Accuracy	± 5 %		
Aperture Size	7,9 mm		
Maximum CW Power	50 mW		
Maximum CW Power Density	1 W.cm ⁻²		
Maximum Energy Density	N/A		
Minimum Full Scall Power	100 nW		
Minimum Power Resolution	1 nW		
Cooling	Convection		
Sensor Type	Silicium Cell		
LM-2 IR			
Spectral Reponse	800 nm to 1550 nm		
Spectral Reponse Accuracy	800 nm to 1550 nm ± 6 %		
Spectral Reponse Accuracy Aperture Size	800 nm to 1550 nm ± 6 % 5 mm central Ø		
Spectral Reponse Accuracy Aperture Size Maximum CW Power	800 nm to 1550 nm ± 6 % 5 mm central ∅ 10 mW		
Spectral Reponse Accuracy Aperture Size Maximum CW Power Maximum CW Power Density	800 nm to 1550 nm ± 6 % 5 mm central ∅ 10 mW 0,5 W.cm ⁻²		
Spectral Reponse Accuracy Aperture Size Maximum CW Power Maximum CW Power Density Maximum Energy Density	800 nm to 1550 nm ± 6 % 5 mm central Ø 10 mW 0,5 W.cm ⁻² N/A		
Spectral Reponse Accuracy Aperture Size Maximum CW Power Maximum CW Power Density Maximum Energy Density Minimum Full Scall Power	800 nm to 1550 nm ± 6 % 5 mm central Ø 10 mW 0,5 W.cm ⁻² N/A 5 μW-LM, 10 μW-FM		
Spectral Reponse Accuracy Aperture Size Maximum CW Power Maximum CW Power Density Maximum Energy Density Minimum Full Scall Power Minimum Power Resolution	800 nm to 1550 nm ± 6 % 5 mm central Ø 10 mW 0,5 W.cm ⁻² N/A 5 μW-LM, 10 μW-FM 10 nW-LM, 1 nW-FM		
Spectral Reponse Accuracy Aperture Size Maximum CW Power Maximum CW Power Density Maximum Energy Density Minimum Full Scall Power Minimum Power Resolution Cooling	800 nm to 1550 nm \pm 6 % 5 mm central Ø 10 mW 0,5 W.cm ⁻² N/A 5 µW-LM, 10 µW-FM 10 nW-LM, 1 nW-FM Convection		

cadre 6 : Caractéristiques détecteurs.



2. MISE EN ŒUVRE DU SYSTÈME

2.1. Montage à réaliser



cadre 7: Synoptique du système.

On décrit ci-dessous le fonctionnement et le réglage des différents appareils (ES-760, Labmaster) Attention :

- Toutes les connexions sont à faire à l'arrêt !
- Le Labmaster se connecte à un port série (ou RS232) et le ES-760 à un port analogique !
- En cas de problèmes, faire appel à un professeur.

2.2. ES-760

- Connecter la sortie V_{LASER} sur la voie 0 de la carte USB 6009 et la sortie I_{LASER} sur la voie 1.
- Par mesure de sécurité, vérifier que le courant I_{ALARME} sur 45 mA.
- Avant mise en route : potentiomètre [GROS] et [FIN] à zéro.
- Régler la thermistance pour une température de 10° (Voir cadre 8).

REMARQUE : La valeur de résistance comporte 3 chiffres : le premier les dizaines, le deuxième les unités ; le troisième est le chiffre après la virgule (dixièmes). Ainsi pour sélectionner 2.1K Ω , il faudra valider 021.

2.2.1. Fonctionnement du ES-760

Le banc de test laser est destiné à alimenter et contrôler des lasers et des diodes électroluminescentes montés en boîtier DIL ou Butterfly.

Les composants équipés d'un élément Peltier peuvent être asservis en température en réglant sur la face avant la valeur de la thermistance.(cadre 8)

La sécurité du laser est assurée par une alarme en courant réglable sur la face avant. Ne jamais dépasser la valeur l_{LIMITE} de la diode laser (Destruction immédiate !).

(60)	2,5
(55)	3
(50)	3,7
(45)	4,5
(40)	5,4
(35)	6,7
30	7,1
25	10
20	12,5
15	16,2
10	19,9
5	26,1
0	32,5
(-5)	39,2
(): A éviter	
gras : Valeurs	préconisées

 $R(k\Omega)$

2,1

t(°C)

(65)

cadre 8: Valeurs thermistance



Le courant et la tension laser ainsi que le courant photodiode et le courant Peltier sont visibles sur un écran LCD et sont disponibles en face arrière sur des sorties analogiques (Voir cadre 9).

2.2.1.1. Modes de fonctionnement

Deux modes d'utilisation sont disponibles :

- Laser piloté à courant constant (Mode Non Asservi).
- Laser asservi par sa photodiode (Mode Asservi)

2.2.2. Labmaster

ES-760			
N°	Caractéristiques	Correspondance	Rq
1	VLASER	$1 \text{ V} \rightarrow 1 \text{ V}$	
2	Reflet ILASER	100 mA \rightarrow 1 V	
3	Reflet IPELTIER	500 ma \rightarrow 0,5 V	
4	Reflet I _{PHOTODIODE} [OFF] & [GAIN PHOT] mini [ON] & [GAIN PHOT] mini [OFF] & [GAIN PHOT] maxi	1 mA \rightarrow 1 V 2 mA \rightarrow 0,2 V 100 μ A \rightarrow 1 V	Pos. cal.
cadre 9 : Sorties analogiques.			

2.2.2.1. Fonctionnement du *Labmaster*

Le Labmaster est une console universelle gérée par microprocesseur de mesure de puissance d'un faisceau laser. Il peut être utilisé avec tous les lasers du marché en connectant un détecteur adéquat (Lasers continus, pulsés, de l'U.V. à l'I.R., avec des puissances variant du nW au kW).

Le détecteur connecté est reconnu automatiquement par la console.

2.2.2.2. Sélection de la longueur d'onde

La réponse des détecteurs Silicium et Germanium dépend de la longueur d'onde. Le seul étalonnage à effectuer est donc l'introduction de la longueur d'onde de la source (Voir cadre 10).

2.2.2.3. Sorties sur face arrière

La console dispose :

- d'une sortie analogique [0..1 V], 1 V représentant la pleine échelle,
- d'une sortie [PULSE DETECTOR BUFFER OUT] permettant de visualiser la forme d'un pulse sur oscilloscope,
- d'une sortie série RS232 permettant la connexion à un micro-ordinateur.

Voir aussi les informations complémentaires dans le dossier technique.

2.3. Réglages

- Brancher le détecteur approprié LM-2 IR au Labmaster
- Brancher le câble série pour établir la liaison PC→ Labmaster
- Régler la longueur d'onde de détection du Labmaster en fonction de la longueur d'onde d'émission du laser (En cas de problèmes, voir cadre 10 du dossier technique).
- La sensibilité d'un capteur optique dépend_elle de la longueur d'onde du faisceau à détecter ?
- Préciser alors pourquoi il faut entrer la longueur d'onde du signal à détecter dans le Labmaster ?

Réaliser le montage donné cadre 7

Montrer le montage à un professeur.

Labmaster		
1	Appuyer sur la touche [MENU]	
2	Sélectionner la rubrique [WaveLength Select avec les curseurs haut ou bas. Appuyer sur [SE- LECT]	
3	Choisir la décade avec les curseurs << ou >>. Incrémenter ou décrémenter la décade avec les curseurs haut ou bas	
4	Appuyer sur [RETURN]	
cadre 10 : Changement de longueur d'onde.		

2.4. Mesures

Utiliser le logiciel Banlas_LV pour l'acquisition des mesures et l'édition des résultats.

2.4.1. Module Peltier hors-circuit

Nous allons étudier l'influence d'une dérive de température sur la puissance optique P émise par la diode laser.

• Ajuster la température de la diode laser à 0°C

2.4.1.1. En mode non asservi en puissance

- Vérifier que l'interrupteur qui commande le Peltier est positionné sur ON
- Mettre les potentiomètres à zéro et sélectionner le mode non asservi.
- Fixer le courant I_{LASER} à I_{ALARME} 20% environ.
- Attendre que la température de la diode soit stabilisée.(appuyer sur le bouton lpeltier de l'ES_760 attendre que l'affichage se stabilise)
- Sélectionner la rubrique Mesures/demarrer puis choisir « Delta t régulier ».
- Donner la durée totale (2 minutes) et un intervalle entre chaque mesure de 5s.
- A t = 0 s, couper l'alimentation du module Peltier (*Positionner* l'interrupteur qui commande le Peltier sur *OFF*) simultanément cliquer sur *Acquérir*. La diode laser ne sera plus régulée en température et va donc s'échauffer.

• Cliquer sur ENREGISTRER pour enregistrer vos mesures. Nom du fichier : ban_las1« votre nom de binôme ».ban

- Cliquer sur **SORTIR** pour finir la série de mesures.
- Tracer le graphe P = f(t) puis l=f(t) en cliquant sur Sélection du graphe/P=f(t) et Ilaser=f(t) puis choisir P=f(t) ou l=f(t)
- Faire une sortie imprimante
- **Remettre le module Peltier en route (repositionner** l'interrupteur qui commande le Peltier sur ON)
- Mettre les potentiomètres à zéro

• Qu'en concluez-vous sur la puissance émise, l'intensité et la température de la diode laser lorsque le peltier est coupé en mode non asservi.

Montrer les acquisitions à un professeur.

2.4.1.2. En mode asservi en puissance

- Vérifier que l'interrupteur qui commande le Peltier est positionné sur ON
- Mettre les potentiomètres à zéro et sélectionner le mode asservi.
- Fixer une température de 0°C.
- Ajuster l'intensité de la diode laser à 30mA
- Attendre que la température de la diode soit stabilisée à 0°C.(appuyer sur le bouton lpeltier de l'ES_760 attendre que l'affichage se stabilise)
- Sélectionner la rubrique Mesures/demarrer puis choisir « Delta t régulier ».
- Donner la durée totale (2 minutes) et un intervalle entre chaque mesure de 5s.
- A t = 0 s, couper l'alimentation du module Peltier (*Positionner* l'interrupteur qui commande le Peltier sur *OFF*) simultanément cliquer sur *Acquérir*. La diode laser ne sera plus régulée en température et va donc s'échauffer.

• Cliquer sur ENREGISTRER pour enregistrer vos mesures. Nom du fichier : ban_las2« votre nom de binôme ».ban

- Cliquer sur **SORTIR** pour finir la série de mesures.
- Tracer le graphe ILASER = f(t) en cliquant sur Sélection du graphe/P=f(t) et Ilaser=f(t) puis choisir ILASER =f(t).
- Faire une sortie imprimante



- Qu'a fait cette fois-ci le courant dans la diode laser pendant que le module Peltier était coupé ?
- Si l'alimentation en courant dans la diode laser n'était pas protégée et limitée à 45mA, que se passerait-il alors si on laissait le module Peltier coupé ?
- **Remettre le module Peltier en route** (repositionner l'interrupteur qui commande le Peltier sur ON)
- Mettre les potentiomètres à zéro

Montrer les acquisitions à un professeur.

2.4.2. Module Peltier en fonctionnement

2.4.2.1. Module Peltier en fonctionnement et mode asservi

- Vérifier que l'interrupteur qui commande le Peltier est positionné sur ON
- Mettre les potentiomètres à zéro et sélectionner le mode asservi.
- Sélectionner une température de 10°C.
- Régler le courant I_{LASER} à la valeur I_{ALARME} 5% en tournant le potentiomètre [GROS] sur l'*ES760*.
- Attendre que la température soit stabilisée à 10°C (I_{PELTIER} constant).
- Ouvrir le logiciel Banlas_LV.
- Sous Paramètres/Puissace-mètre, choisir le type de Puissance-mètre ainsi que la voie de lecture de la puissance en connexion. Cliquer sur Test lecture pour vérifier que la communication est bonne puis cliquer sur Validation des paramètres.
- Sous Paramètres/Carte d'acquisition, choisir le type de carte d'acquisition branchée puis sélectionner les voies V_{LASER} et I_{LASER}. Cliquer sur Test lecture et vérifier que les valeurs affichées correspondent au ES760 puis cliquer sur Validation des paramètres.
- Sélectionner la rubrique Mesures/demarrer puis choisir « Bouton Acquérir »
- Faire varier le courant I_{LASER} entre I_{ALARME} 5% et 0 en tournant le potentiomètre [GROS] sur l'*ES760*.
 Montrer le réglage à un professeur.
- Pour chaque valeur de I_{LASER}:

Faire l'acquisition de la tension V_{LASER} via la carte d'acquisition et de la puissance en sortie de fibre P via le port série en cliquant sur Acquérir.

Remarque :

A chaque clic sur le bouton Acquérir, le logiciel fait l'acquisition d'<u>une mesure</u>.

- Cliquer sur SORTIR pour finir la série de mesures.
- Faire l'acquisition d'une deuxième série pour t = 0°C.
- Cliquer sur ENREGISTRER pour enregistrer vos mesures. Nom du fichier : ban_las« votre nom de binôme ».ban
- Tracer les courbes P = f(ILASER) pour les températures 10°C et 0°C sur le même graphe en cliquant sur Sélection du graphe/P=f(Ilaser) ;P=f(Vlaser) puis choisir P=f(Ilaser).
- Cliquer Régressions, et tracer deux droites des moindres carrés passant par les parties linéaires des graphes.
- Faire une sortie imprimante

Montrer les acquisitions à un professeur.

2.4.2.2. Module Peltier en fonctionnement et mode non asservi en puissance

- Vérifier que l'interrupteur qui commande le Peltier est positionné sur ON
- Mettre les potentiomètres à zéro et sélectionner le mode non asservi.
- Fixer une température de 0°C.
- Fixer le courant I_{LASER} à I_{ALARME} 20% environ.
- Attendre que la température de la diode soit stabilisée.
- Sélectionner la rubrique Mesures/demarrer puis choisir « Delta t régulier ».
- Donner la durée totale (2 minutes) et un intervalle entre chaque mesure de 5s.
- Cliquer sur ENREGISTRER pour enregistrer vos mesures. Nom du fichier : ban_las1« votre nom de binôme ».ban
- Cliquer sur SORTIR pour finir la série de mesures.
- Tracer le graphe P = f(t) en cliquant sur Sélection du graphe/P=f(t) et Ilaser=f(t) puis choisir P=f(t).
- Faire une sortie imprimante

Que concluez sur la temperature, puissance, Ilaser dans ce cas

Montrer les acquisitions à un professeur.



3. ANALYSE DES PERFORMANCES DU SYSTÈME

3.1. Synthèse des différents modes de fonctionnement

• Compléter en utilisant les termes (*Constante, Augmente, Diminue puis se stabilise*) les différentes case du tableau suivant

Mode	Module Peltier	Puissance laser	Ilaser
Asservi	ON		
	OFF		
Non asservi	ON		
	OFF		

• Quel est selon vous le mode de fonctionnement(préciser l'état du Peltier) le plus stable et le moins sensible aux perturbations extérieurs ?

3.2. Interprétation des résultats

3.2.1. Diode Laser : module Peltier en fonctionnement et mode asservi

- a) Exploitation des courbes P = $f(I_LASER)$, pour 10°C et 0°C relevées en 2.5.2.1.
 - Sur la partie de pente élevée, tracer la droite de régression linéaire (dmc) et afficher son équation. Pour 10°C et 0°C
 - Relever la valeur de pente E_{ta} de la dmc (en précisant son unité) de P = f(I_LASER), pour 10°C et 0°C. Comparer à la valeur donnée par le constructeur à 25°C .Conclusion.
 - Déterminer le courant de seuil (abscisse à l'origine de la dmc) pour les températures 10°C et 0°C. Comparer à la valeur donnée par le constructeur à 25°C. Conclusion.

3.2.2. Diode Laser : influence de la régulation en température sur la longueur d'onde émise

En supposant le courant dans la diode laser constant et connaissant le coefficient de stabilité en température maximum de la diode laser (voir documentation technique de la diode laser valeur de C_T),

- Retrouver dans la documentation (cadre 13 de la documentation technique) la résolution de l'asservissement en température pour une gamme allant de 0 à 10°C.
- En déduire alors la variation maximale correspondante en longueur d'onde possible.

3.2.3. Conclusion :

- Quels sont les 2 façons de faire varier la longueur d'onde d'une diode laser
- En *mode asservi avec le Peltier* en fonctionnement est ce qu'une perturbation extérieur (variation de température) a une influence sur la puissance émise.
- Peut-on concevoir d'utiliser une diode laser sans asservissement ? pourquoi ?



