

**Détection et mesure de défauts par shearographie**

## **1 Présentation générale:**

Élèves :	SCHAEGIS Luc, VAXELAIRE Daniel, DEMANGE Camille
Partenaire :	CETE de L'EST
Adresse :	Rue Jean Mentelin -Strasbourg-Koenigshoffen
Parrain du projet :	Mme MUZET valérie
Tél :	03 88 77 46 00 / 03 88 77 46 09
Fax :	03 88 77 46 20
E-mail:	Valerie.Muzet@developpement-durable.gouv.fr
Financement :	Lycée Mermoz, CETE

### **1.1 Le produit et son marché:**

#### **1.1.1 Le produit:**

La shearographie, issue de l'interférométrie de speckle présente de nombreux avantages. Elle est facile à mettre en œuvre, couvre une grande plage de mesures et permet de visualiser de très faibles gradients de déformations pouvant révéler des défauts. Elle procède par une mise en contraintes du matériau (métal, béton ...) et l'analyse des images obtenues révèle les variations de déformations au sein de la matière. En outre, elle présente un gros avantage par rapport à d'autres techniques, elle procède par interférométrie différentielle et est donc très peu sensible aux facteurs physiques extérieurs et c'est un contrôle non destructif.

#### **1.1.2 Son marché:**

Les acteurs susceptibles d'être concernés sont principalement les ingénieurs des services techniques des villes, les entreprises routières, les éclairagistes, et les services du réseau scientifique et technique de l'équipement

### **1.2 Le contexte du projet, les objectifs:**

Au cours du vieillissement des structures en béton, des défauts se forment soit au cœur du matériau soit en surface comme les fissures. Ces défauts modifient les propriétés mécaniques de la structure jusqu'à en compromettre leur stabilité. Les relevés topographiques des fissures ne renseignent que partiellement sur l'état de fissuration de l'ouvrage puisqu'ils ne visualisent que les fissures extérieures débouchantes. Par ailleurs ces mesures visuelles ne fournissent pas d'information quantitative sur l'altération des propriétés mécaniques du béton.

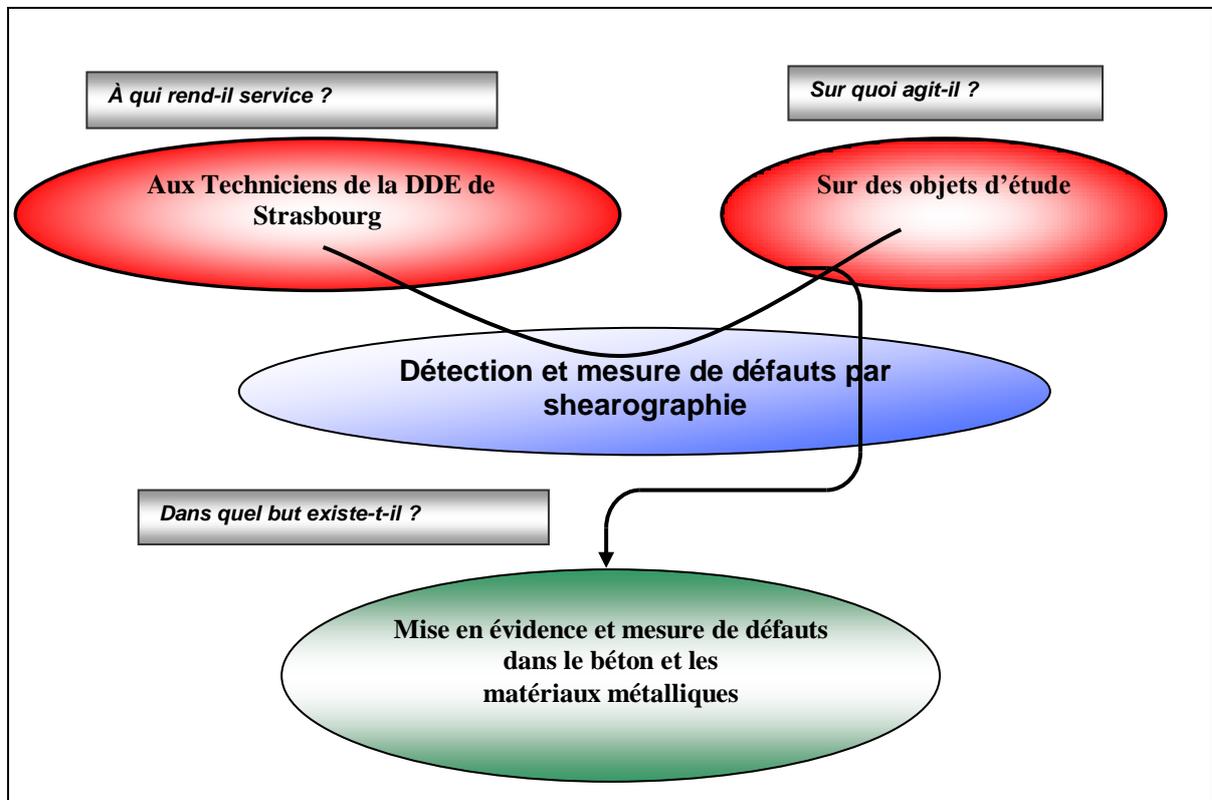
Les techniques d'interférométrie optique comme l'holographie, dont la résolution est de l'ordre de grandeur de la longueur d'onde de la lumière utilisée, permettent de détecter et de quantifier de tels défauts mais sont de mise en œuvre trop lourde pour une utilisation sur site.

La shearographie associe un interféromètre à une caméra et n'utilise pas de faisceaux de référence. Elle n'a pas d'exigence au niveau de la cohérence des lasers utilisés et est de ce fait beaucoup plus simple de mise en œuvre que des techniques telles que la TV Holographie. Les travaux conduits au LRS ont montré que cette technique permet la détection de fissures sur des structures en béton armé, à la fois en laboratoire et sur site.

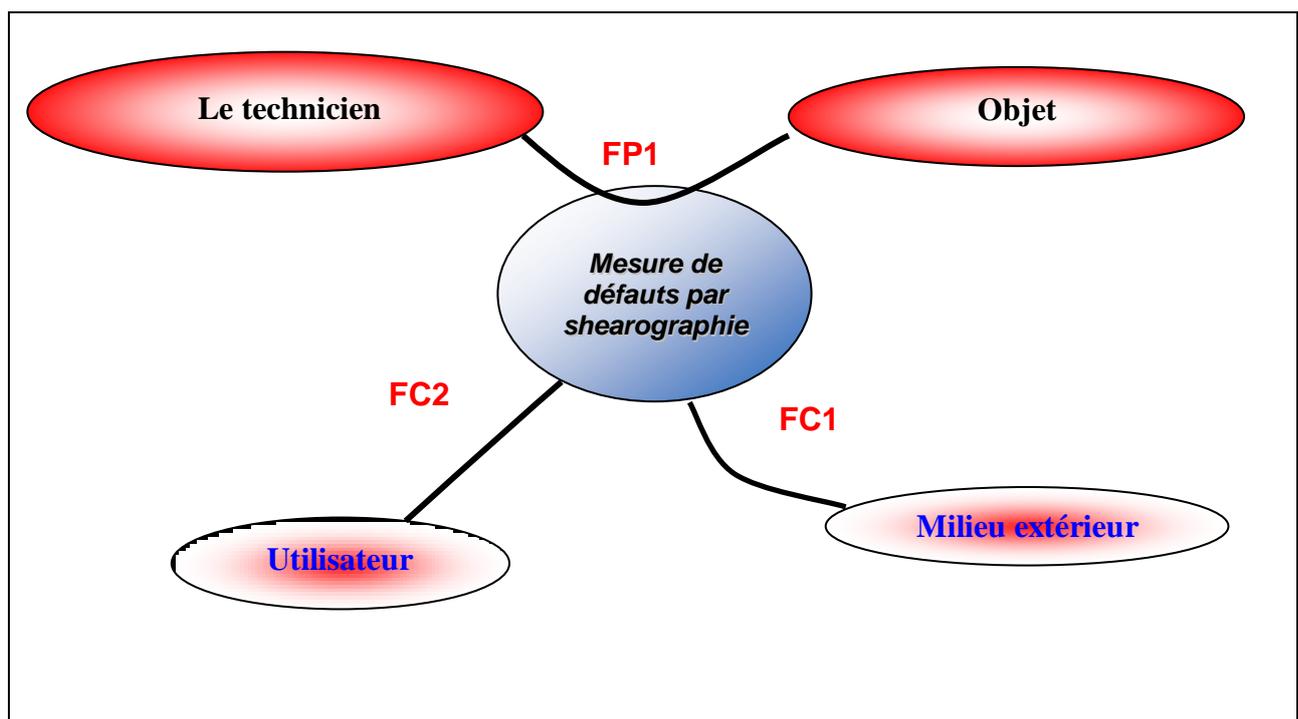
Des travaux de quantification ont été initiés au LRS pour la mesure de la largeur d'un défaut. On doit tester les capacités de la méthode pour la détection de défauts sur différents types d'échantillons. Pour ce faire, il est indispensable de travailler à partir d'images de phase.

## 2 Description fonctionnelle:

### 2.1 Le besoin de l'utilisateur:



### 2.2 Environnement du produit:



### 2.3 Les fonctions de service:

FP1 : Visualiser, mesurer, étalonner les défauts et déformation d'un objet.

FC1 : Fonctionner dans le milieu ambiant

FC2 : Etre compact et facile d'utilisation

### 2.4 Contraintes générales :

- Respecter les exigences de fabrication au lycée.
- Utilisation de tous les outils disponibles au lycée.
- Assurer la sécurité de l'utilisateur d'un point de vue électrique, mécanique et optique.

### 2.5 Caractérisation des fonctions de service:

Fonctions	Critères d'appréciation	Niveaux
FP1	<u>Mesure</u> <ul style="list-style-type: none"><li>• Champ de mesures</li><li>• Précision</li></ul> <u>Objet</u> <ul style="list-style-type: none"><li>• Nature</li><li>• Dimensions</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• 20 à 1000 cm<sup>2</sup></li><li>• Elle sera déterminée lors du projet</li><li>• Echantillons en métal avec évidements arrière connus. Plaque de béton (avec défauts de tailles connus) Echantillon comportant des soudures avec défauts</li><li>• 20 x 15 cm (échantillons) 40 X 70 cm (plaque de béton)</li></ul>

## 3 Eléments mis à disposition:

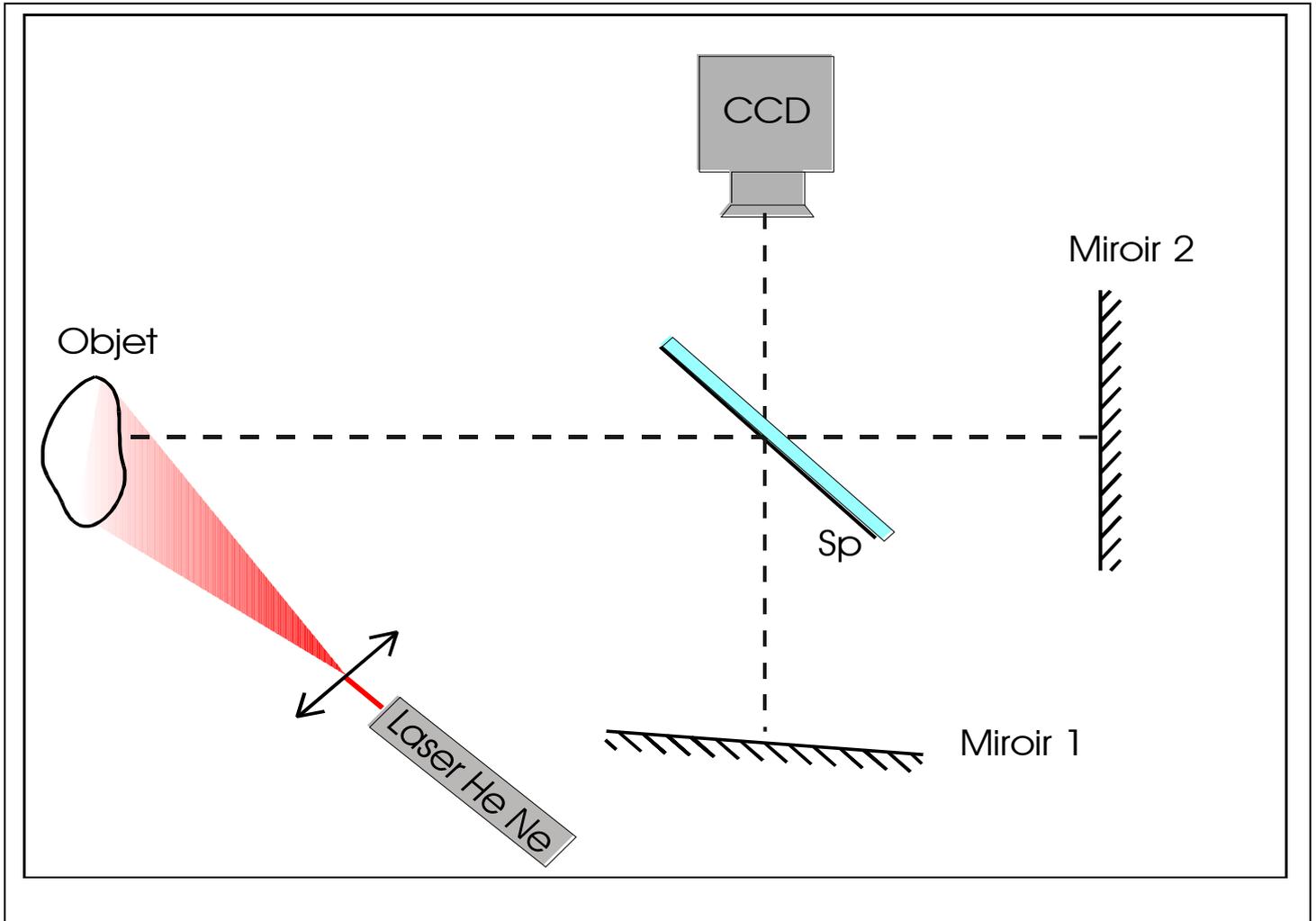
### 3.1 Matériel fourni :

- Surfaces métalliques avec des évidements de taille connue à l'arrière a fixer sur un support rigide pour pouvoir observer la déformation du défaut seul.
- Structure en béton avec défauts de tailles connus (polystyrène dans le béton)
- Echantillon comportant des soudures. A fabriquer, on veut observer les défauts (la stimulation reste à trouver les stimulations thermiques et vibratoire n'ayant pas été concluante dans le labo)

## 3.2 Schéma de principe, diagramme F.A.S.T. :

### 3.2.1 Schéma de principe

#### Principe d'un montage de shearographie



La caméra voit deux images décalées du même objet. En éclairage cohérent, la rugosité de l'objet donne des images empruntées de « speckle ».

On fait interférer un grain de speckle A avec un grain de speckle B décalé (shearo) d'une valeur  $AB = s$ . La différence de marche (en position initiale 1) est alors avant déformation :  $2(z_{B1} - z_{A1})$ . Après déformation la différence de marche est  $2(z_{B2} - z_{A2})$ . Elle a varié de  $2(\Delta z_B - \Delta z_A)$  : c'est-à-dire deux fois la différence des déformations entre les points A et B.

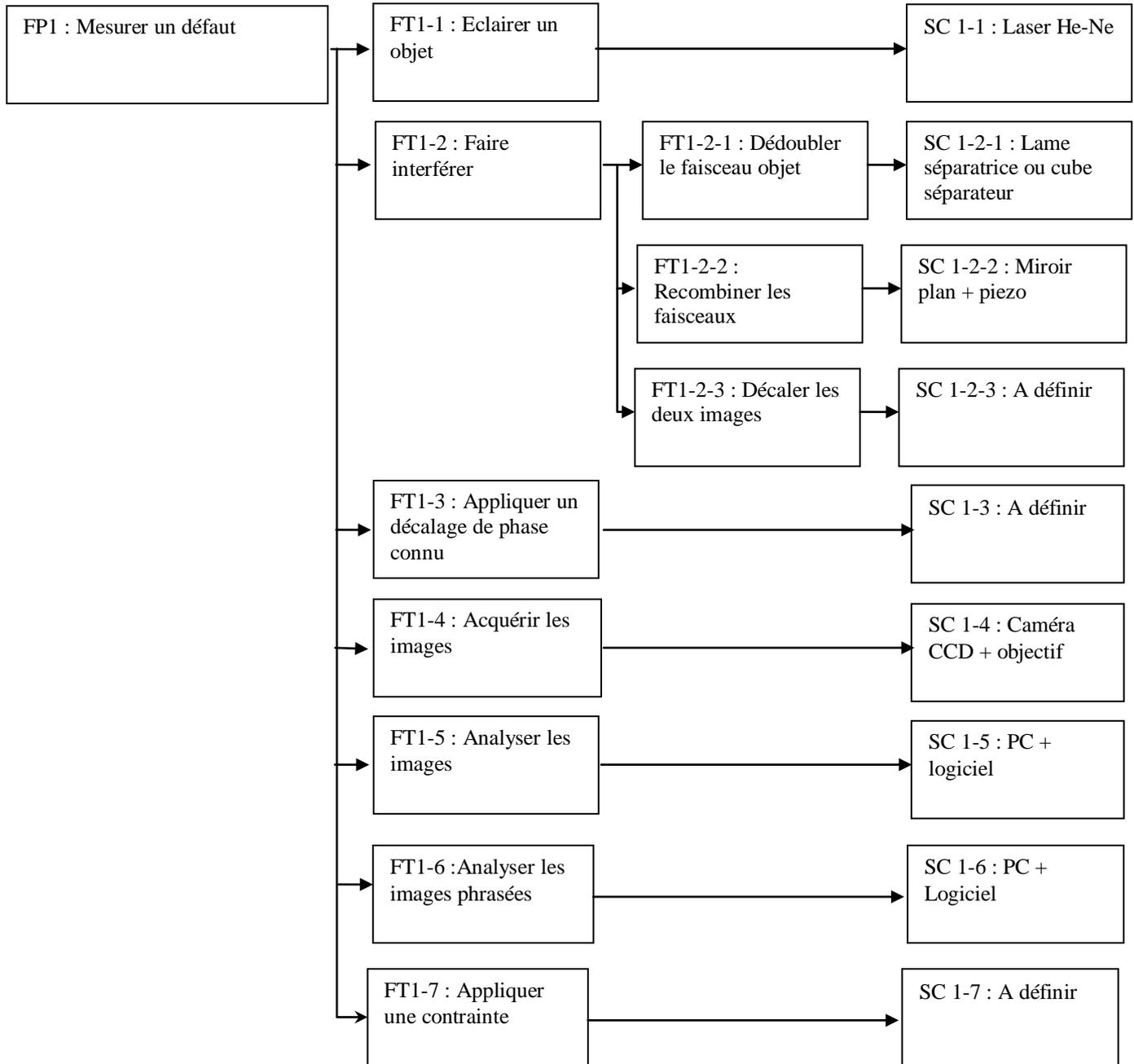
Si cette différence est nulle ou multiple de la longueur d'onde  $\lambda$ , l'état d'interférence ne change pas, par suite, la différence absolue des deux images donne du noir.

**Conséquence** : l'éclairement est nul (franges sombres) quand  $\Delta z = p\lambda/2$  où  $\Delta z$  est la différence des déformations entre deux points distants d'un écart  $s$  choisi.

En d'autres termes, si le laser est un He-Ne, il y a une frange sombre lorsque la différence de déformation entre les deux points de l'objet est un multiple de  $0,316 \mu\text{m}$

Le montage doit permettre des applications variées dans le domaine de la détection de défauts et la visualisation de déformations.

### 3.2.2 Diagramme FAST : à réaliser par les élèves pour la RC1 .



## 4 Répartition prévisionnelle des tâches

Taches	Elève A	Elève B	Elève C
Etude de faisabilité	x	x	x
Montage optique et décalage des images		x	
Création du logiciel	x	x	x
Stimulation des échantillons			x
Assemblage mécanique des échantillons pour stimulation	x	x	
.....			
.....			
Etude de coût			x
Elaboration de la notice d'utilisation	x		
Rédaction du rapport du projet	x	x	x