

## Mesures de déformations et détection de défauts par shearographie

Élèves :	Frédéric Girardin – Jérôme Walter
Partenaire :	DDE Strasbourg
Adresse :	11 rue Jean Mentelin 67035 Strasbourg Cedex
Parrain du projet :	Mme Valérie Muzet
Tél :	
Fax :	
E-mail:	equipement.gouv.fr
Financement :	DDE – Lycée Jean Mermoz

### A . Définition du cahier des charges

L'objectif de ce chapitre est de saisir et d'énoncer le besoin, c'est-à-dire l'exigence fondamentale nécessitant la mise en œuvre du système.

#### A.1. Analyse du besoin

##### A.1.1 Saisie du besoin

Les mesures de déformations et dilatations (dans les 3 dimensions) permettent, quand elles sont précises, non seulement de quantifier ces déplacements mais aussi de mettre en évidence d'éventuelles tensions, fissures dans les matériaux.

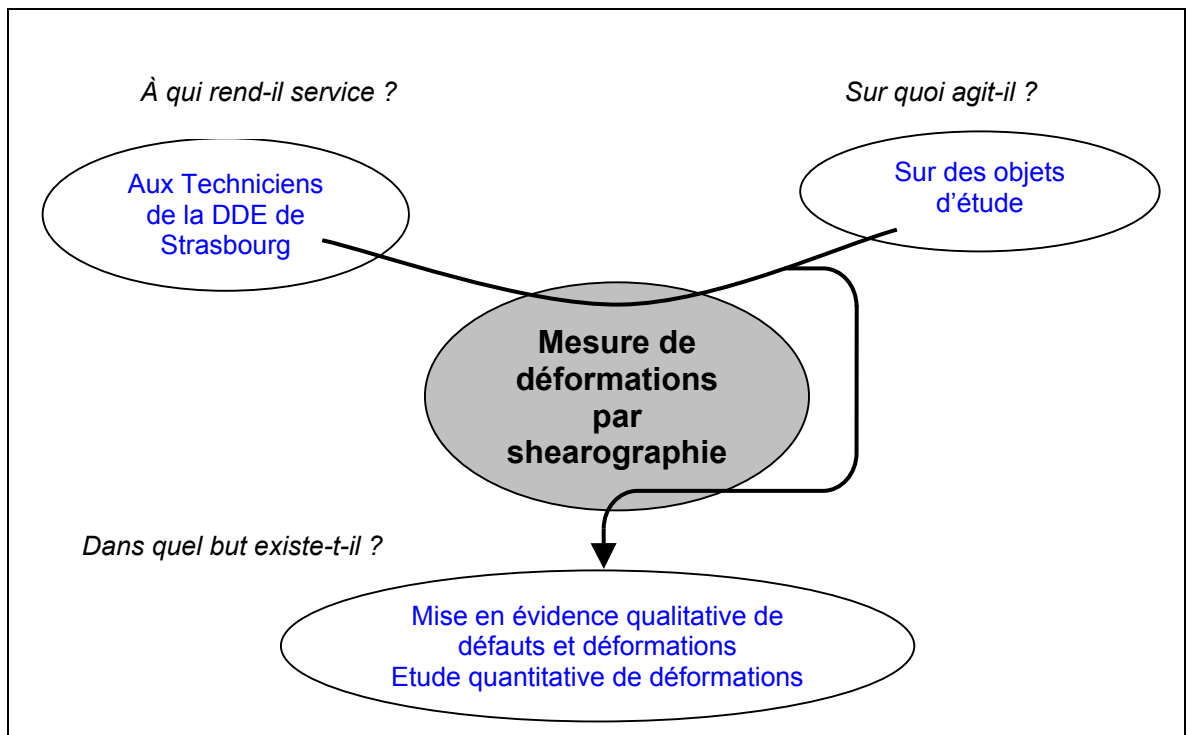
La méthode d'analyse par shearographie, issue de l'interférométrie de speckle permet de telles mesures. Elle est facile à mettre en œuvre, couvre une grande plage de mesures et permet de visualiser et de quantifier de très faibles gradients de déformations. En outre, elle présente un gros avantage par rapport à d'autres techniques, elle procède par interférométrie différentielle et est donc très peu sensible aux facteurs physiques extérieurs (vibrations, variations de température, courants d'air ...).

Cependant le champ d'application et les performances de cette méthode doivent encore être précisés notamment pour d'éventuelles applications dans le contrôle qualité pour la détection mais aussi la quantification de défauts.

Notre projet aura donc pour objectifs, après mise au point d'un montage d'étude et adaptation du logiciel Visulm, de vérifier la faisabilité de certaines applications (dilatations par effets thermiques, déformations par contraintes ...), de préciser les performances mais aussi de rechercher une démarche permettant de quantifier les déformations.

Pour ce dernier objectif, il faudra comparer les mesures obtenues par shearographie à celles apportées par des techniques plus classiques bien éprouvées.

## A.1.2 Enoncé du besoin



Cadre1 : Diagramme bête à cornes.

## A.1.3 Validation du besoin

*Pourquoi ce besoin existe-t-il ?*

- Pour mesurer des contraintes dans des matériaux
- Le système interférométrique permet de mesurer le gradient de la déformation entre deux points sur les deux images de l'objet.
- Cette mesure met en évidence des contraintes dans les matériaux et doit permettre de les mesurer

*Qu'est-ce qui peut le faire évoluer ? le faire disparaître ?*

- Le système peut visualiser et mesurer une déformation avec plus de sensibilité et une meilleure précision.
- Logiciels et matériels moins chers et plus performants
- Le système devient portable et peu encombrant

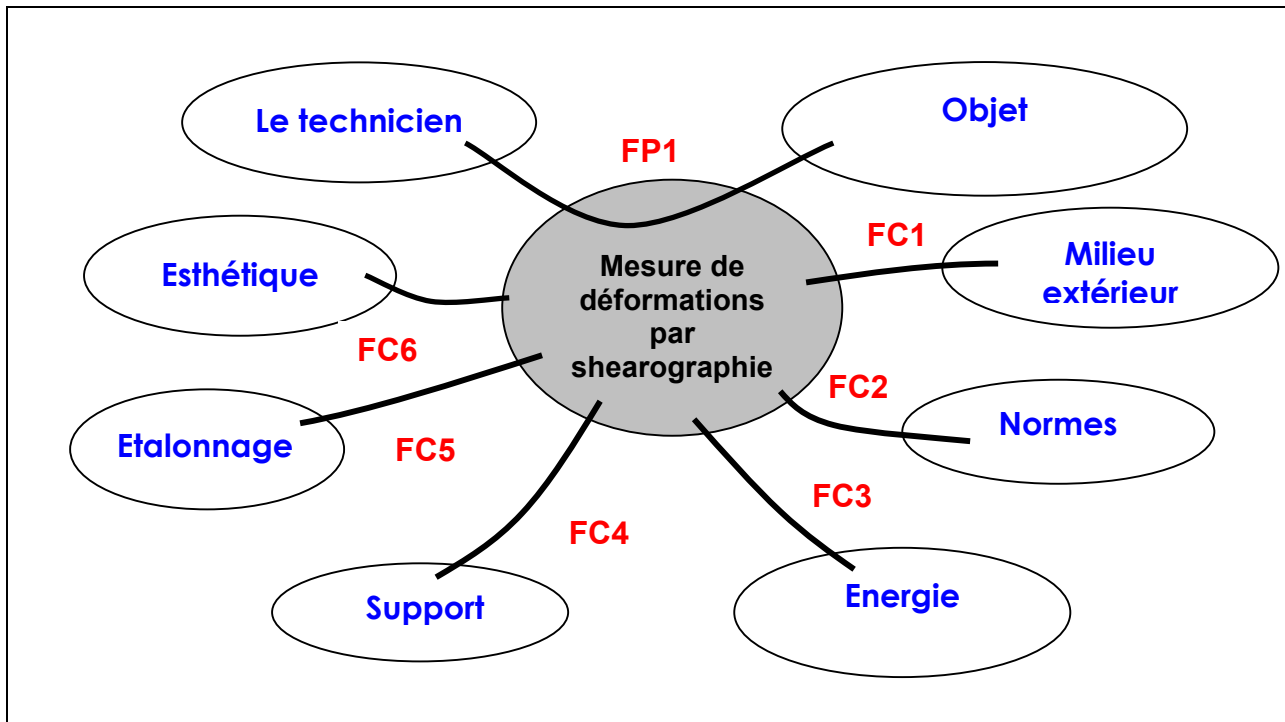
*Conclusion :*

- Ce besoin est bien réel, donc validé.

## A.2. Etude de faisabilité

Le besoin étant validé, il s'agit de recenser et d'expliquer dans ce chapitre les satisfactions et performances attendues du système.

### A.2.1 Identification des fonctions



**Cadre 2 : Diagramme pieuvre.**

#### Fonction principale

FP1 Le technicien mesure le gradient de déformation de l'objet et calcule la déformation

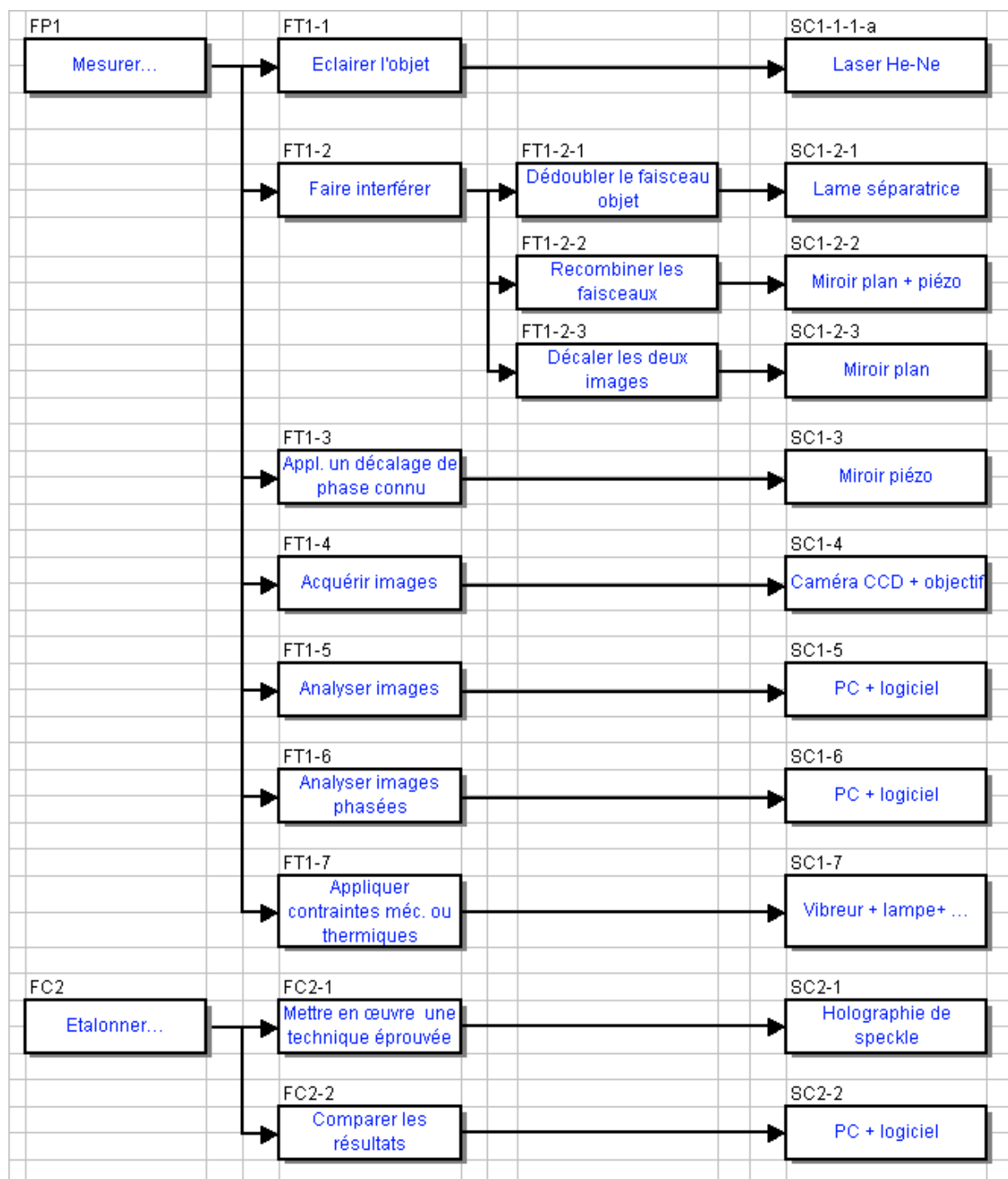
#### Fonctions contraintes

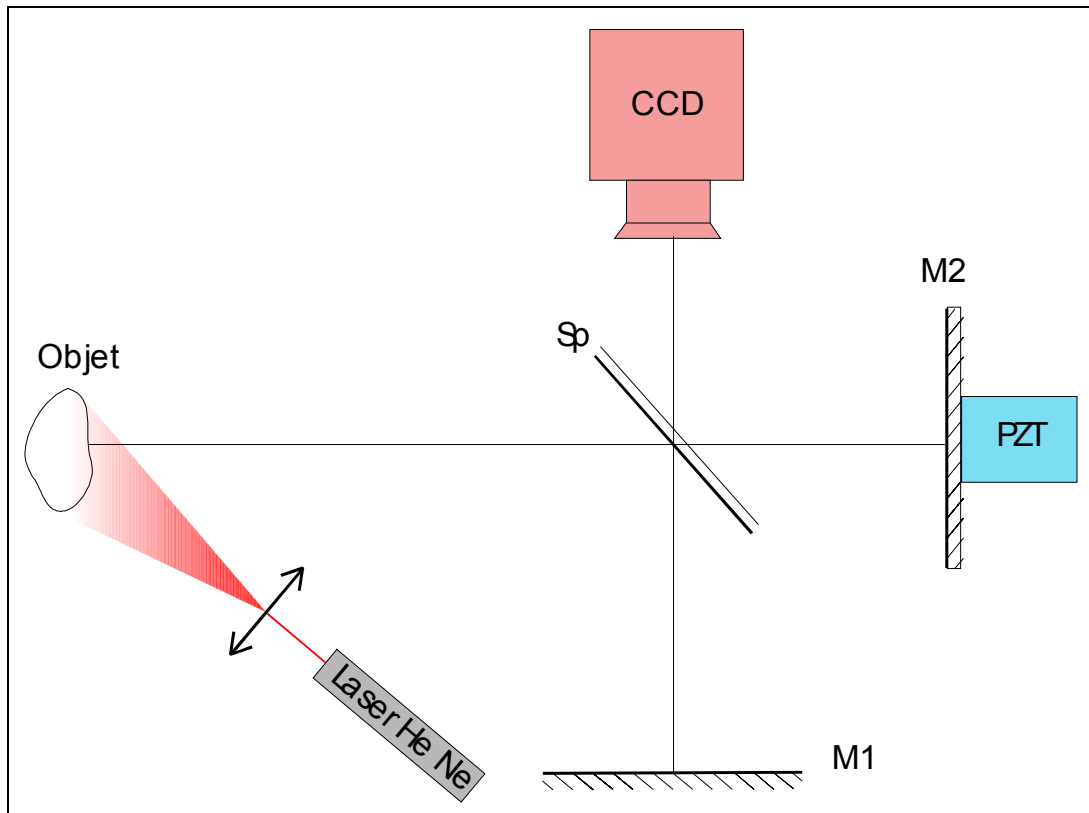
FC2 Le système doit être étalonné et validé par comparaison à une technique éprouvée  
 FC3 Le système fonctionne en milieu ambiant.  
 FC4 Respect des normes  
 FC5 Le système fonctionne avec l'énergie électrique.  
 FC6 Le système est installé sur un support adéquat.  
 FC7 Le système doit être ergonomique

## A.2.2 Critères à respecter

Fonctions	Critères	Niveaux - Limites
FP1 : Le technicien mesure le gradient de la déformation de l'objet	<p>Le technicien</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Niveau</li> </ul> <p>Mesure</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Champ de mesures</li> <li>Echantillonnage</li> <li>Précision</li> </ul> <p>Objet</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Nature</li> <li>Dimensions</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bac +2</li> <li>20 cm<sup>2</sup></li> <li>1 Hz</li> <li>Elle sera déterminée lors du projet</li> <li>Barre en métal ou béton</li> <li>20 x 10 cm</li> </ul>
FC2 : Le système doit être étalonné	<ul style="list-style-type: none"> <li>Comparaison à une technique éprouvée</li> <li>Utilisation d'une technique par décalage de phase</li> <li>Type</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Holographie de speckle</li> <li>Déphasage = f (déplacement du piezo)</li> <li>0°, 90°, 180°, 270°</li> </ul>
FC3 : Le système fonctionne en milieu ambiant.	<p>Milieu ambiant</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Luminosité</li> <li>Température</li> <li>Vibrations</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Eclairage du laboratoire</li> <li>Variation de <math>\pm 5</math> °C</li> <li>De faibles amplitudes</li> </ul>
FC6 : Le système est installé sur un support adéquat.	<p>Support</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Type</li> <li>Taille</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Marbre pour étalonnage</li> <li>1,5 X 3 m</li> </ul>

## A.3. Recherche des solutions





Montage de principe

## Principes mis en œuvre

### A.4. Schéma de principe

### A.5. Explications fondamentales

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

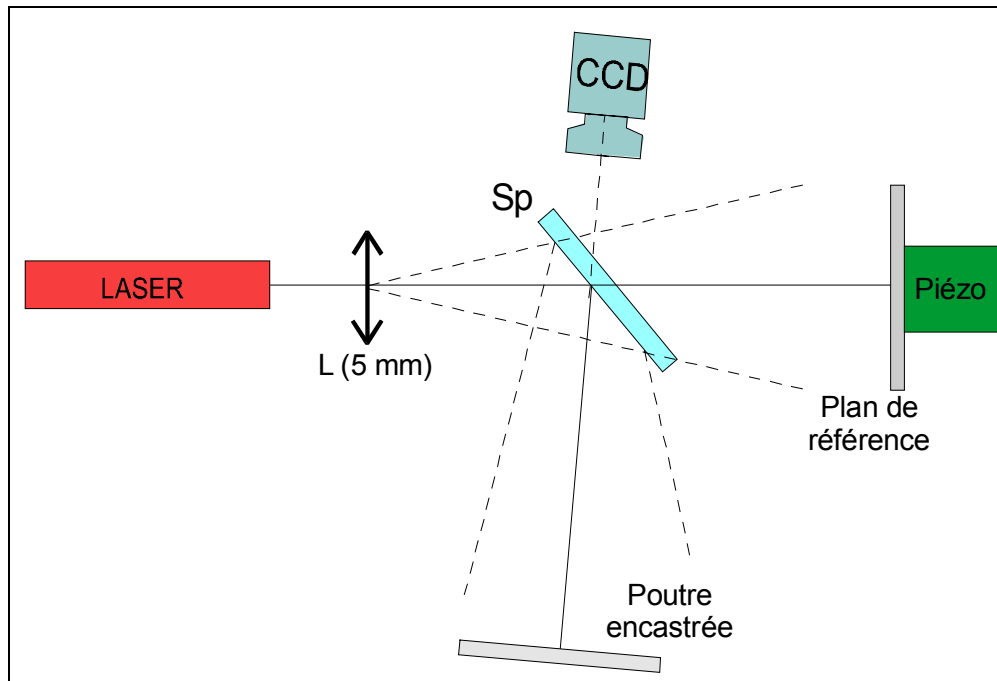
On fait interférer un grain de speckle A avec un grain de speckle B décalé (shearo) d'une valeur  $AB = s$ . La différence de marche (en position initiale 1) est alors avant déformation :  $2(z_{B1} - z_{A1})$ . Après déformation la différence de marche est  $2(z_{B2} - z_{A2})$ . Elle a varié de  $2(\Delta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



**Interférométrie de speckle**

La même déformation devra être étudiée avec un montage d'interférométrie de speckle classique et les résultats quantitatifs comparés.

## B . Démarche du projet

		Travail demandé	
		Séances (4 H)	Élèves
<b>A1</b>	<b>Analyse du besoin</b>		
A.1.1	Saisie du besoin : Compléter le cas échéant le paragraphe A.2.1.	2	1, 2
A.1.2	Énoncé du besoin : Compléter le cas échéant le paragraphe A.2.2.		
A.1.3	Validation du besoin		
<b>A2</b>	<b>Étude de faisabilité</b>		
A.2.1	Identification des fonctions : • Mettre les éléments ext. en relation avec le produit. • Formuler le but visé pour chacune des relations.	2	1, 2
A.2.2	Caractérisation des fonctions : Compléter les colonnes <i>caractéristiques</i> et <i>critères</i> .		
<b>A3</b>	<b>Caractérisation des fonctions</b>		
A.3.1	Recherche de solutions : • Compléter le FAST. Proposer un maximum de solutions, ne pas en éliminer à priori. • Rechercher des solutions existantes ou similaires. • Consulter publications, articles, anciens rapports... • Approfondir les connaissances sur le sujet en optique, électronique, mécanique, informatique...	2	1, 2
A.3.2	Évaluation des solutions : • Critique des différentes solutions issues du FAST. • Choix de la solution retenue. • Montage simple avec du matériel disponible au laboratoire ou mis à disposition par l'entreprise permettant de démontrer la faisabilité du projet.		
REVUE CRITIQUE N°1 : DEMONSTRATION DE FAISABILITÉ (14 décembre)			
<b>A4</b>	<b>Définition du projet</b>		
	Définition exacte de la solution finale : • Choix des composants. • Réalisation dessins d'ensemble et de définition. • Schémas structurels. • Programme informatique. Répartition du travail (voir A.3.) : • •	7	1 2
REVUE CRITIQUE N°2 : VALIDATION DE LA DÉFINITION DU PROJET (15 février)			
<b>A5</b>	<b>Mise en œuvre</b>		
	• Montage, assemblage, ... • Réalisation, réglages, ... • Après la mise en œuvre de la partie réalisée par chaque étudiant, intégration finale et mise au point.	7	1, 2
<b>A6</b>	<b>Homologation et conclusions</b>		
	• Faire les mesures demandées dans le cadre du projet. • Analyser les performances du système. • Rédiger le rapport de projet. • Rédiger éventuellement une notice d'utilisation.	8	1, 2
REVUE CRITIQUE N°3 : ANALYSE DES PERFORMANCES DU SYSTÈME – RÉSULTATS OBTENUS (7 juin)			



**FICHE À REMPLIR PAR LA COMMISSION DE VALIDATION**

**Système support de l'activité de "réalisation, réglage, mise au point" :**

*MESURE DE DEFORMATIONS ET DETECTION DE  
DEFAUTS PAR SHEAROGRAPHIE*

Ce thème est proposé à :     1     2     3     4    étudiant(s)

<p>- L'organisation prévisionnelle, dans l'espace et dans le temps, - la description des tâches confiées à chaque étudiant, - leurs relations en vue de la "réalisation ..." que l'on se propose d'atteindre</p> <p style="text-align: center;">sont décrites de façon :</p>	<p><input checked="" type="checkbox"/> CORRECTE</p> <p><input type="checkbox"/> PARTIELLE</p> <p><input type="checkbox"/> INSUFFISANTE</p>
<p>Le "contrat pédagogique" passé avec chaque étudiant fait apparaître à travers les tâches qui lui sont confiées les capacités à atteindre et les connaissances qui leur sont associées de façon :</p>	<p><input checked="" type="checkbox"/> EXPLICITE et UNIVOQUE</p> <p><input type="checkbox"/> DIFFICILE à INTERPRÉTER</p> <p><input type="checkbox"/> INSUFFISANTE</p>

LE THÈME EST :     VALIDE     À MODIFIER     REJETÉ

ÉLÉMENTS D'APPRECIATION DE LA COMMISSION :

DÉFINIR AVEC PRÉCISION LES MODIFICATIONS DEMANDÉES

Fait à Grenoble, le 21, 22, 23 novembre 2006

**LES MEMBRES DE LA COMMISSION D'APPROBATION**

Nom	Spécialité	Établissement	Signature
<i>DONNABIEU</i>	<i>GD</i>	<i>LTR Argouges</i>	<i>[Signature]</i>
<i>FAGIER</i>	<i>GP</i>	<i>LTR Argouges</i>	<i>[Signature]</i>
<i>MOUCARD</i>	<i>GE</i>	<i>LTR Argouges</i>	<i>[Signature]</i>