

Détection et mesure de défauts par shearographie

Élèves :	MENGIS Thibault – STAERCK Philippe
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

L'efficacité de la shearographie dans la recherche de défauts inapparents internes aux matériaux n'est plus à démontrer. La DDE de Strasbourg l'utilise couramment pour rechercher les fissures dans le béton. La mesure de ces défauts permettrait de mieux quantifier leur importance et permettrait de rendre plus rigoureux le contrôle qualité.

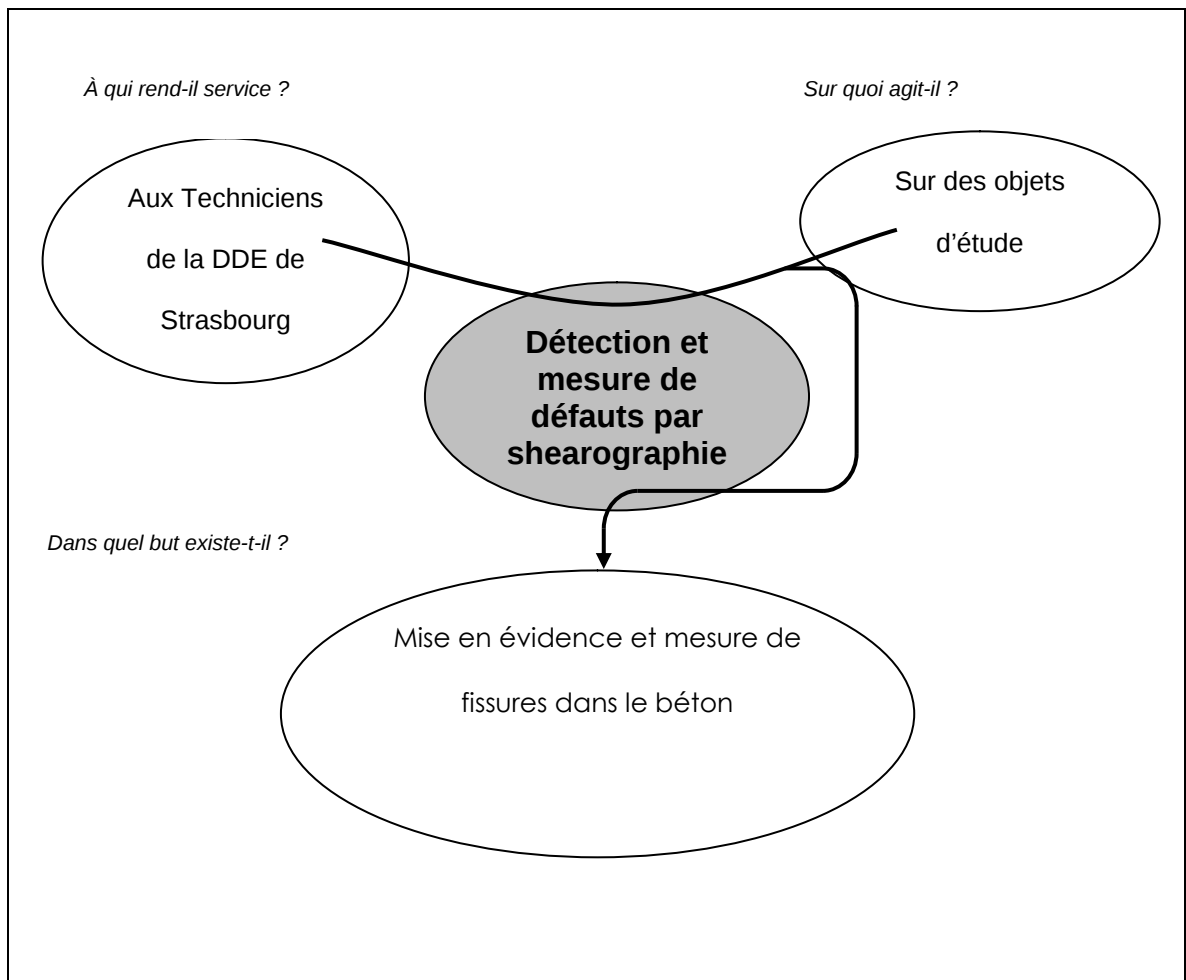
La shearographie, issue de l'interférométrie de speckle présente de nombreux avantages. Elle est facile à mettre en œuvre, couvre une grande plage de mesures et permet de visualiser de très faibles gradients de déformations pouvant révéler des défauts. Elle procède par une mise en contraintes du matériau (métal, béton ...) (dilatations par effets thermiques, chocs, vibrations, forces appliquées ...) 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 (vibrations, variations de température, courants d'air ...).

Cependant le champ d'application et les performances de cette méthode doivent encore être précisés par une étude quantitative des défauts et déformations.

Après mise au point d'un montage d'étude et adaptation du logiciel Visulm, on projette de mettre en évidence par shearographie des défauts artificiellement créés (sur éprouvettes métalliques ou plastiques par exemple), de les mesurer après analyse des images fournies par le système puis de comparer les résultats obtenus avec les caractéristiques géométriques et physiques qu'on leur a donné. Cette étude doit permettre de définir la méthode de mesure la mieux adaptée pour mesurer la largeur des fissures.

On cherchera dans une deuxième partie à appliquer la méthode de mesure définie précédemment sur une plaque de béton. On complétera cette étude de mise en évidence et de mesure des fissures dans le béton par une comparaison avec les résultats apportées par des techniques plus classiques bien éprouvées comme l'interférométrie de speckle.

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

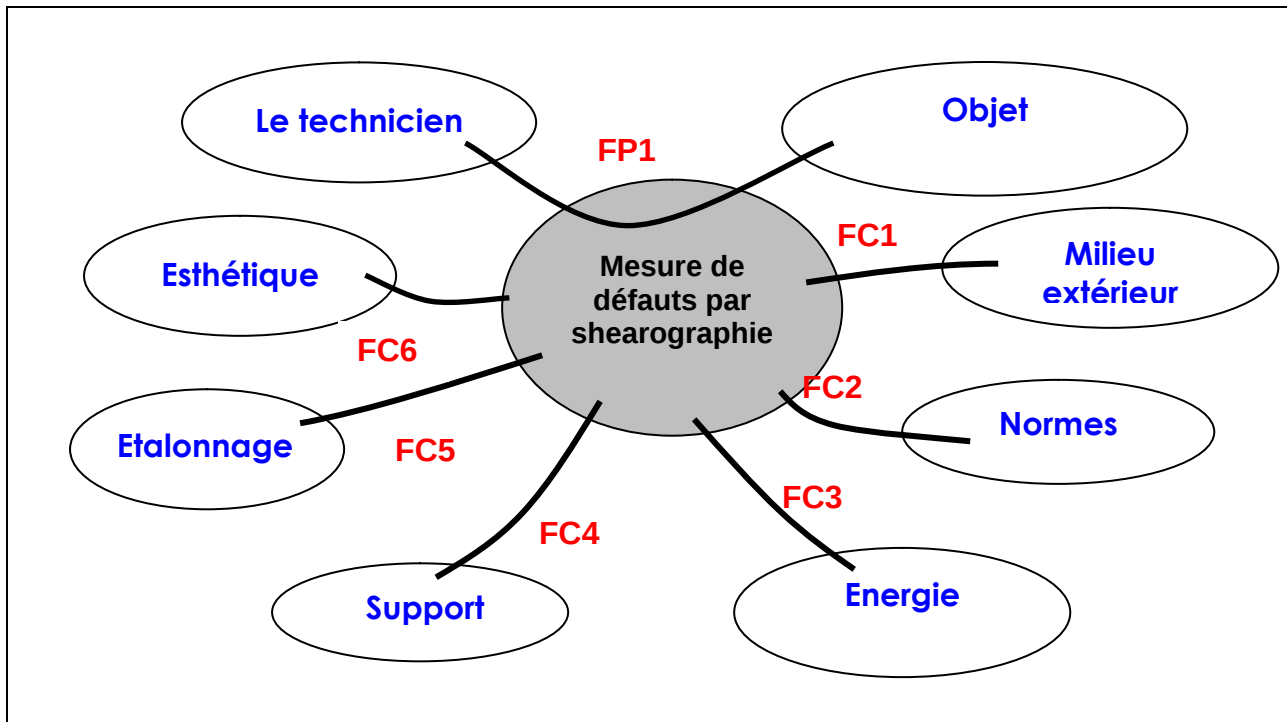
Conclusion :

- 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 visualise les défauts et déformations et les mesure.

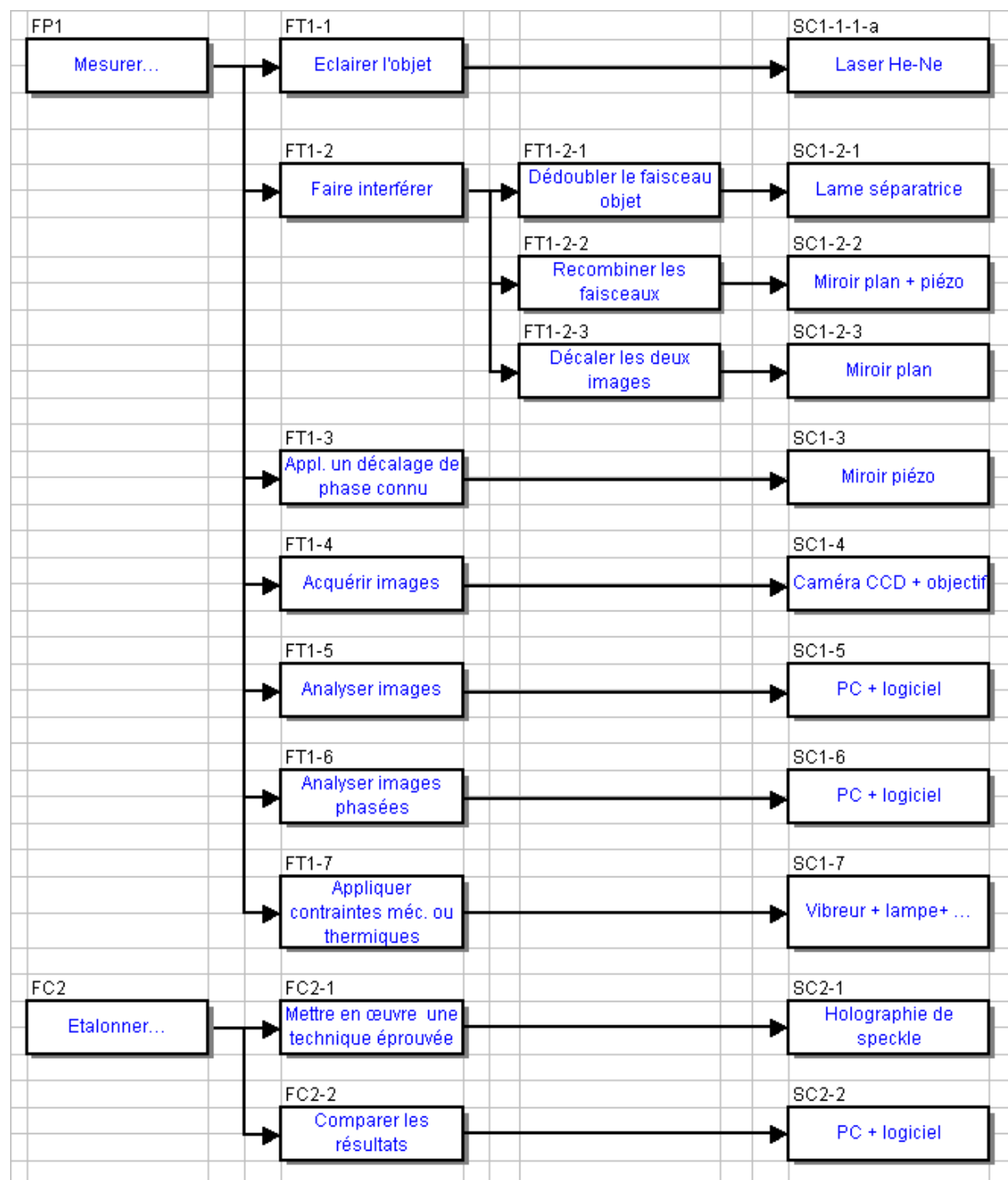
Fonctions contraintes

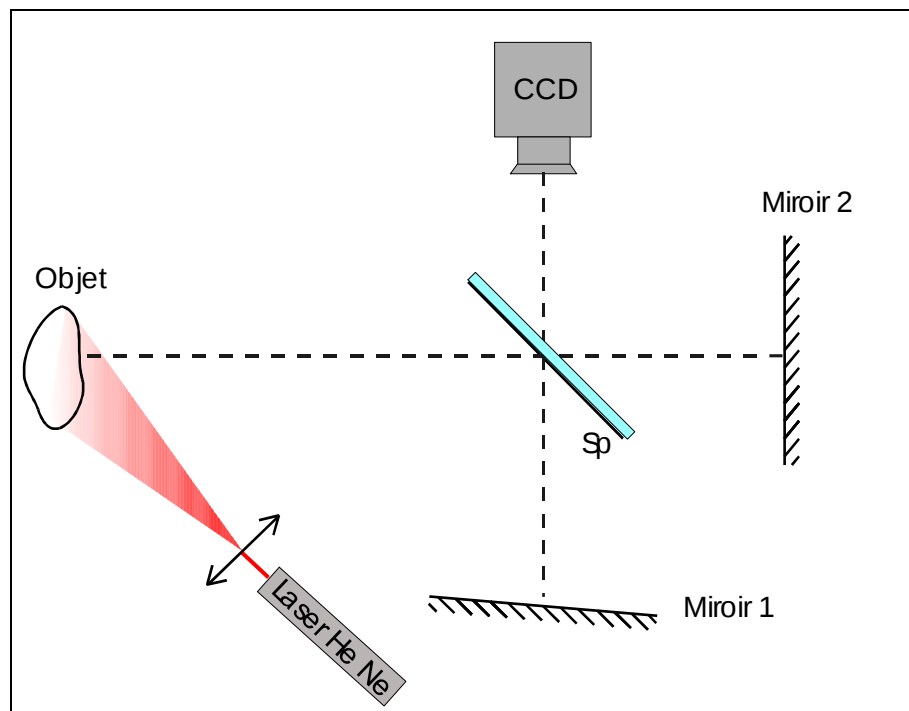
FC2 Le système doit être étalonné et validé par la mesure de défauts connus
 FC3 Les résultats doivent être comparés à ceux fournis par d'autres méthodes éprouvées
 FC4 Respect des normes
 FC5 Le système fonctionne avec l'énergie électrique.
 FC6 Le système est installé sur un support adéquat.
 FC7 Le 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	Le technicien - Niveau Mesure - Champ de mesures - Précision Objet - Nature - Dimensions	- Bac +2 20 à 1000 cm² - Elle sera déterminée lors du projet - Echantillons en métal ou plastiques et plaque de béton 20 x 10 cm² (échantillons) 40 X 70 cm² (plaque de béton)
FC2 : Le système doit être étalonné	Mesures à partir d'échantillons connus	- Lames de métal ou de plastiques rayées - Rayures de largeurs comprises entre 0.2 mm et 5 mm
FC3 : le système doit être comparé	Comparaison à une technique éprouvée	- Holographie de speckle - Déphasage = f (déplacement du piézo) 0°, 90°, 180°, 270°
FC4 : Le système fonctionne en milieu ambiant.	Milieu ambiant - Luminosité - Température - Vibrations	- Eclairage du laboratoire - Variation de ± 5 °C - De faibles amplitudes
FC5 : Le système est installé sur un support adéquat.	Support - Type - Taille	- Marbre pour étalonnage 1,5 X 3 m

A.3. Recherche des solutions





Principe d'un montage de shearographie

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 : $2(zB1 - zA1)$. Après déformation la différence de marche est $2(zB2 - zA2)$. Elle a varié de $2(\Delta zB - \Delta zA)$: c'est-à-dire deux fois la différence des déformations entre les points A et B.

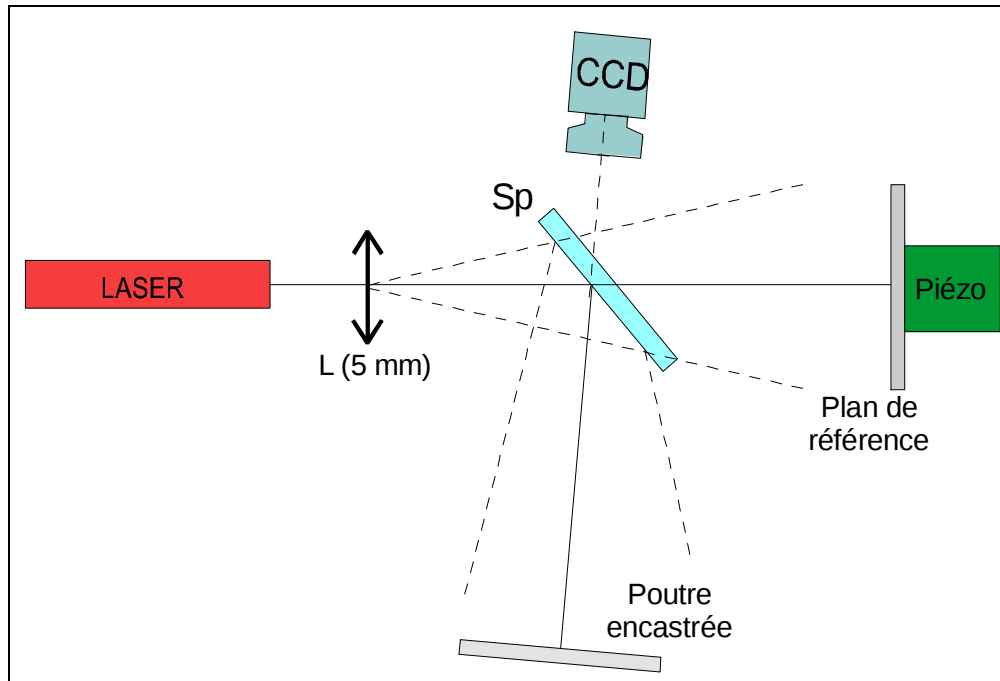
Si cette différence est nulle ou multiple de la longueur d'onde λ , l'état d'interférence ne change pas, par suite, la différence absolue des deux images donne du noir.

Conséquence : l'éclairement est nul (franges sombres) quand $\Delta z = p\lambda/2$ où Δz 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.

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



Interférométrie de speckle

B. Démarche du projet

		Travail demandé	
		Séances (4 H)	Élèves
A1	Analyse du besoin	2	1, 2
A.1.1	Saisie du besoin : Compléter le cas échéant le paragraphe A.2.1.		
A.1.2	Énoncé du besoin : Compléter le cas échéant le paragraphe A.2.2.		
A.1.3	Validation du besoin		
A2	Étude de faisabilité	2	1, 2
A.2.1	Identification des fonctions : • Mettre les éléments ext. en relation avec le produit. • Formuler le but visé pour chacune des relations.		
A.2.2	Caractérisation des fonctions : Compléter les colonnes <i>caractéristiques</i> et <i>critères</i> .		
A3	Caractérisation des fonctions	2	1, 2
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...		
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.	2	1, 2
REVUE CRITIQUE N°1 : DEMONSTRATION DE FAISABILITÉ			
A4	Définition du projet		
	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.) : • •		
REVUE CRITIQUE N°2 : VALIDATION DE LA DÉFINITION DU PROJET			
A5	Mise en œuvre		
	• Montage, assemblage, ... • Réalisation, réglages, ... • Après la mise en œuvre de la partie réalisée par chaque étudiant, intégration finale et mise au point.		
A6	Homologation et conclusions		
	• 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.		
REVUE CRITIQUE N°3 : ANALYSE DES PERFORMANCES DU SYSTÈME – RÉSULTATS OBTENUS			