

Rapport d'activité
Actions effectuées dans le cadre de la convention de 2002
entre le CNC et le L3i, Université La Rochelle

Septembre 2003

Contexte

Document de référence

Proposition de programmation de l'enveloppe recherche pour l'année 2002
GROUPE DE PROGRAMMES N° 1 : Patrimoine écrit, documentaire et cinématographique
Titre VI : SUBVENTION DE RECHERCHE OU DE VALORISATION DE LA RECHERCHE

Concernant le :

CENTRE NATIONAL DE LA CINEMATOGRAPHIQUE
DIRECTION DES ACTIONS PATRIMONIALES
SERVICE DES ARCHIVES DU FILM ET DU DEPOT LEGAL (SAFDL/CNC)

Ce document est consultable sur internet à l'URL suivante :

http://www.culture.fr/culture/mrt/cmr/programmation_2002/documents/cnc_01.pdf

Une Convention de Collaboration de Recherche à été signée entre le CNC et le L3i en Juillet 2002, portant sur un programme dénommé : « **Traitement des rayures dans les images cinématographiques** ». Cette convention comporte une annexe technique décrivant les actions que le L3i doit mener et une annexe financière.

Rappel des actions

Comme précisé dans le document de référence et dans l'annexe de la convention, l'étude comporte un volet de **Recherche & Développement** un qu'un volet **d'assistance et d'installation des logiciels sur le site du service des archives du Film.**

rappel des termes de la convention

Action de suivi du transfert de technologie et de test sur le site du CNC

L'Université et le CNC mettront en commun et à la disposition de l'étude, leur savoir-faire et leur expérience ainsi que l'encadrement et le personnel impliqué dans la recherche. L'étude comporte également le déploiement des logiciels de restauration et une formation sur le site du A.F.F. / C.N.C.

Cette assistance inclus :

- Une aide à la configuration de l'infrastructure destinée au traitement numérique du film, afin de l'optimiser pour les logiciels et la méthode de travail retenue.
- Le déploiement des logiciels de restauration sur le site des A.F.F. / C.N.C., plus spécifiquement les logiciels développés par le L3i dans le cadre de cette convention.
- Une formation de base auprès du personnel choisi pour opérer sur la chaîne de traitement numérique. Cette formation comprendra la part nécessaire pour la gestion de l'infrastructure, et l'utilisation des logiciels de restauration, plus spécifiquement ceux développés dans le cadre de cette convention.
- Une présence, non forcément continue, sur le site des A.F.F. / C.N.C., pendant une phase de test.

Cette assistance n'inclut pas :

- La configuration du réseau pour des applications ou progiciels qui ne sont pas directement en relation avec la restauration de film (applications internet, messagerie, bureautique, ...)
- La formation des utilisateurs à des applications ou progiciels qui ne sont pas directement en relation avec la restauration de film, ou pour des applications commerciales pour lesquelles un contrat ou une action de formation aura été souscrite par ailleurs par le C.N.C.

Toutefois, cette action d'assistance et de formation est conditionnée à l'installation effective de l'infrastructure que les A.F.F. / C.N.C. doit acquérir dans le cadre de leur action « d'ouverture sur la restauration numérique ».

Les frais de mission inhérents à la présence de l'Assistant-Ingénieur sur le site des A.F.F. / C.N.C. seront décidées et ventilées d'un commun accord entre les Parties.

Actions réalisées :

2002 : Conseils techniques lors de la définition du CCTP - Cahier des Clauses Techniques Particulières - de l'appel d'offre concernant le système de restauration numérique d'images animées (lot 1A).

2002 : Rédaction d'un manuel de l'utilisateur et de plusieurs documents techniques annexes.

2003 : Livraison du logiciel RETOUCHE, doté de la version première du module de détection / correction des rayures, auprès des A.F.F. / C.N.C. Installation sur la nouvelle infrastructure, tests.

2003 : Du 31 mars au 2 avril 2003, Formation à l'utilisation de RETOUCHE, sur 3 jours, des opérateurs de la chaîne de traitement numérique par Cédric Thiré, Assistant-Ingénieur et développeur principal du logiciel « RETOUCHE »

Rappel des termes de la convention

Action de Recherche et développement sur la correction automatique des rayures

Les recherches en correction automatique d'images cinématographiques ont été développées en France, à l'Université de La Rochelle au sein du Laboratoire d'Informatique et d'Imagerie Industrielle (L3i).

Des résultats pertinents ont déjà été atteints via des programmes de recherche antérieurs (notamment le programme PRIAMM dénommé « Retouche », également subventionné par le CNC, programme 7215 du budget B de l'exercice 1999). Les droits intellectuels de ces recherches antérieures n'ont pas été cédés de façon **exclusive** à un tiers.

La présente recherche doit donc approfondir la capacité et la pertinence de la détection des « candidats » aux rayures, afin d'identifier ces zones par rapport à d'autres objets linéaires présents dans l'image et de reconstruire ces zones rayées, de manière continue sur plusieurs images successives.

Une recherche sur les méthodes de correction des zones altérées par des rayures doit être également envisagée. Avec les logiciels disponibles sur le marché ou d'anciennes versions, la zone corrigée à l'image est souvent visible lors de la visualisation dynamique de la séquence d'image.

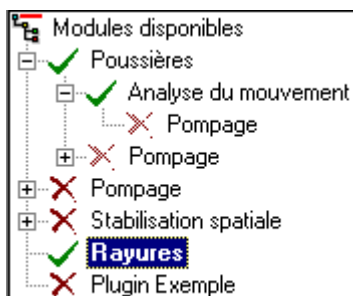
Cette recherche est particulièrement attendue dans le domaine des films patrimoniaux anciens, dans lesquels les rayures sont souvent présentes et demandent, lorsqu'elles sont traitées en station numérique, un travail manuel considérable et très lent, pour des résultats esthétiques décevants

Action réalisée :

Recherche et développement de méthodes de détection et de correction des rayures

Introduction

Le logiciel RETOUCHE, développé dans le cadre d'une action PRIAMM du même nom, est doté d'une architecture logicielle modulaire acceptant les «plug-ins», modules logiciels quasi autonomes particulièrement destinés à une tâche spécifique. Dans le cadre de RETOUCHE, les modules logiciels : «détection / correction de poussière», «stabilisation spatiale», «stabilisation de luminance» furent adaptés des résultats de la recherche menée au L3i depuis 1996, intégrés à l'interface utilisateur du logiciel et font partie intégrante de celui-ci.



Dans le cadre de la convention 2002 avec les A.F.F. / C.N.C., les actions de recherche et développement menés par le L3i ont débouchés sur un module spécifique pour la restauration des rayures. Basé partiellement sur une recherche antérieure menée au L3i (Thèse de doctorat de Laurent Joyeux « Reconstruction de séquences d'images haute résolution. Application à la restauration de films cinématographiques », soutenue le 27 janvier 2000, Université La Rochelle), les algorithmes de détection et de correction furent néanmoins entièrement réécrit

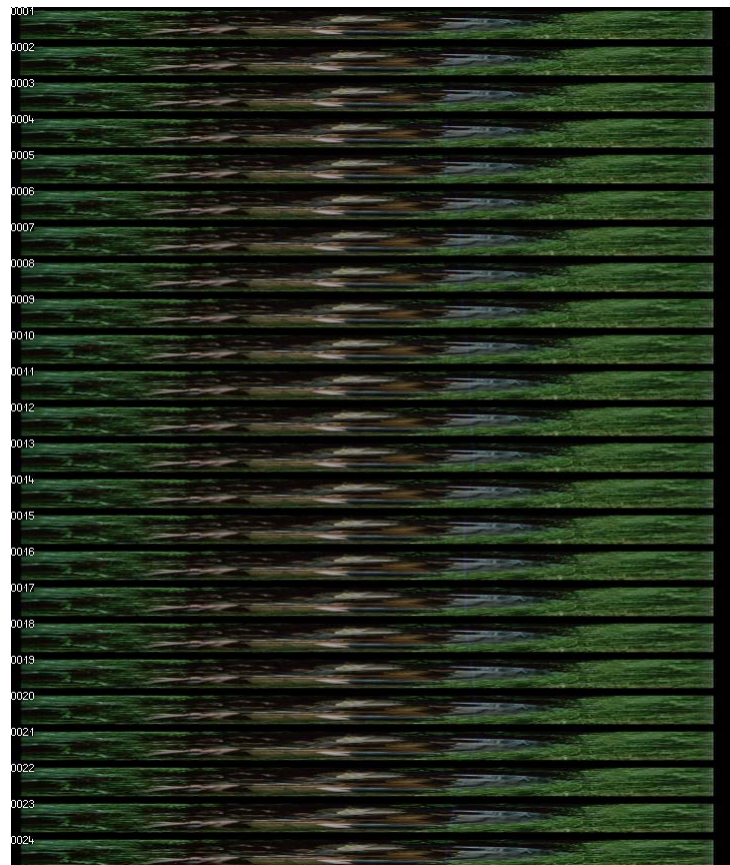
et adapté à l'interface de RETOUCHE qui dispose donc de cette nouvelle fonctionnalité.

Principes scientifiques de la détection / correction des rayures

Lors des recherches menées par Laurent Joyeux, nous avons pu mesurer l'importance du suivi temporel durant la phase de détection des rayures. En effet, la rayure provenant généralement d'un phénomène de friction mécanique se poursuit typiquement sur plusieurs images consécutives. La rayure peut être mobile, de largeur variable et la zone sous-jacente peut être simplement "estompée" voire complètement endommagée (arrachement de l'émulsion).

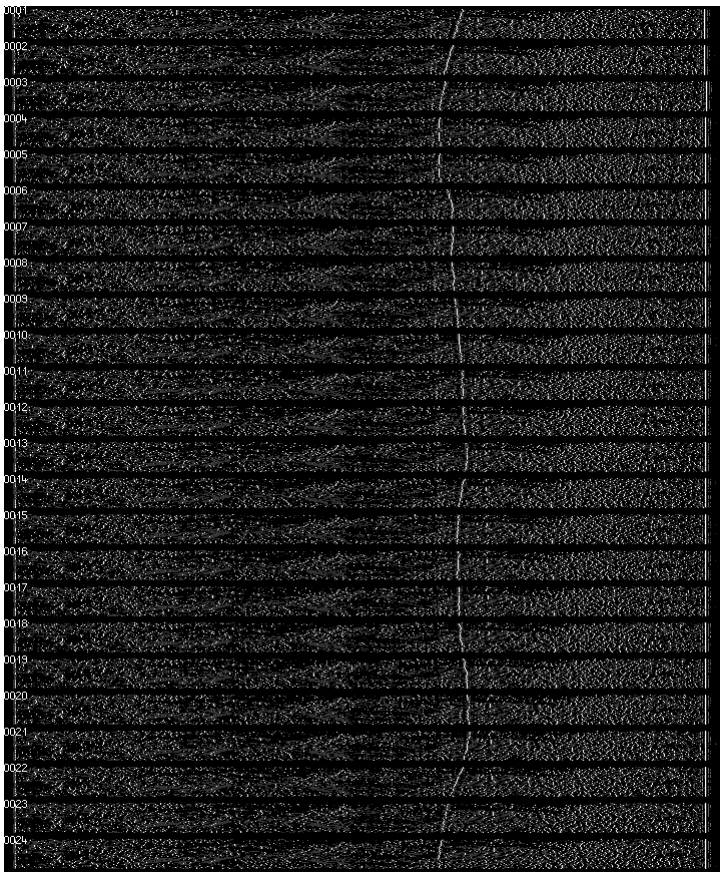
Afin d'appréhender la continuité temporelle de la rayure, chaque image est réduite par projection verticale (la moyenne entre plusieurs lignes consécutives est calculée) et ces images projetées sont disposées les une au dessous des autres. Cette technique de projection conserve la visibilité des rayures verticales tout en diminuant le bruit.

L'image ci-contre représente un succession de 24 images successives, soit une seconde de film. Chaque image a été réduite en moyennant 16 lignes successives. Cette « hauteur de projection » peut-être contrôlée, selon la résolution de l'image et/ou selon l'angle maximal que peuvent présenter les rayures par rapport à la verticale.



Antérieurement à la l'activité de recherche réalisée dans le cadre de la présente convention, la détection des rayures (plus précisément les candidats aux rayures avant suivi temporel ; un pixel sombre dans un entourage plus clair peut potentiellement faire partie d'une rayure) s'appuyait sur un principe basé sur la morphologie mathématique, et le suivi était réalisé en utilisant un filtrage de Karman.

Cette dernière méthode est coûteuse en temps de calcul, et le modèle choisi était très rigide et n'assurait donc pas un suivi optimum.



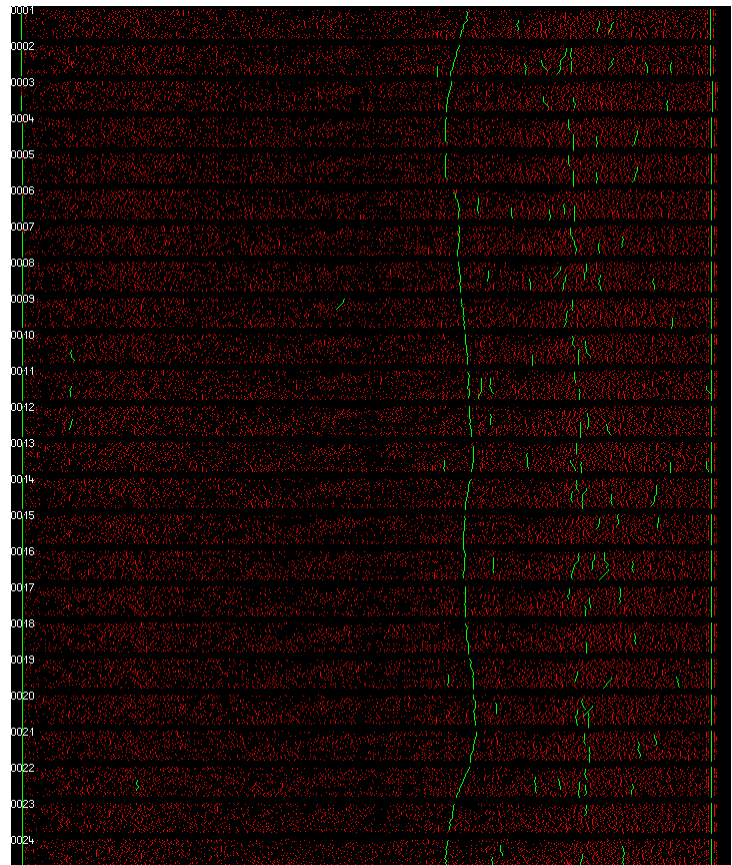
Si le principe de la détection préliminaire des candidats par morphologie mathématique fut conservé – voir l'image ci contre, résultat de la détection avant poursuite, la méthode de poursuite (*tracking*) par filtrage de Kalman fut écartée au profit d'une méthode de poursuite plus rapide.

Celle-ci est basée sur la recherche d'un chemin optimum dans un graphe selon l'algorithme de VITERBI. Ainsi, ce nouvel algorithme n'écarte aucune hypothèse à priori ; chaque pixel candidat est le début potentiel d'une rayure. Si lors de certaine verticalité, la continuité temporelle, etc...) ne sont plus respectés, alors seulement cette rayure hypothétique est rejetée. Les rayures valides sont marquées et montrées en surimpression au niveau de l'interface utilisateur. Le marquage vert de l'image ci-dessous montre quelles sont les rayures qui ont été

considérés pour un suivi temporel.

Enfin, la poursuite tente d'affecter un numéro d'identification unique à chaque rayure, qui servira, au niveau de l'interface utilisateur, à valider / dévalider la rayure détectée avant correction. Si par exemple le logiciel considère une structure verticale appartenant à l'image (un poteau, un mat, etc...) comme une rayure, une action (suppression du marquage) pour cette rayure au niveau d'une image entraîne la suppression de cette référence pour toute la séquence. Il n'est donc pas nécessaire de faire une action image par image.

L'algorithme choisi pour la correction est une adaptation plus directe des travaux de Laurent Joyeux.

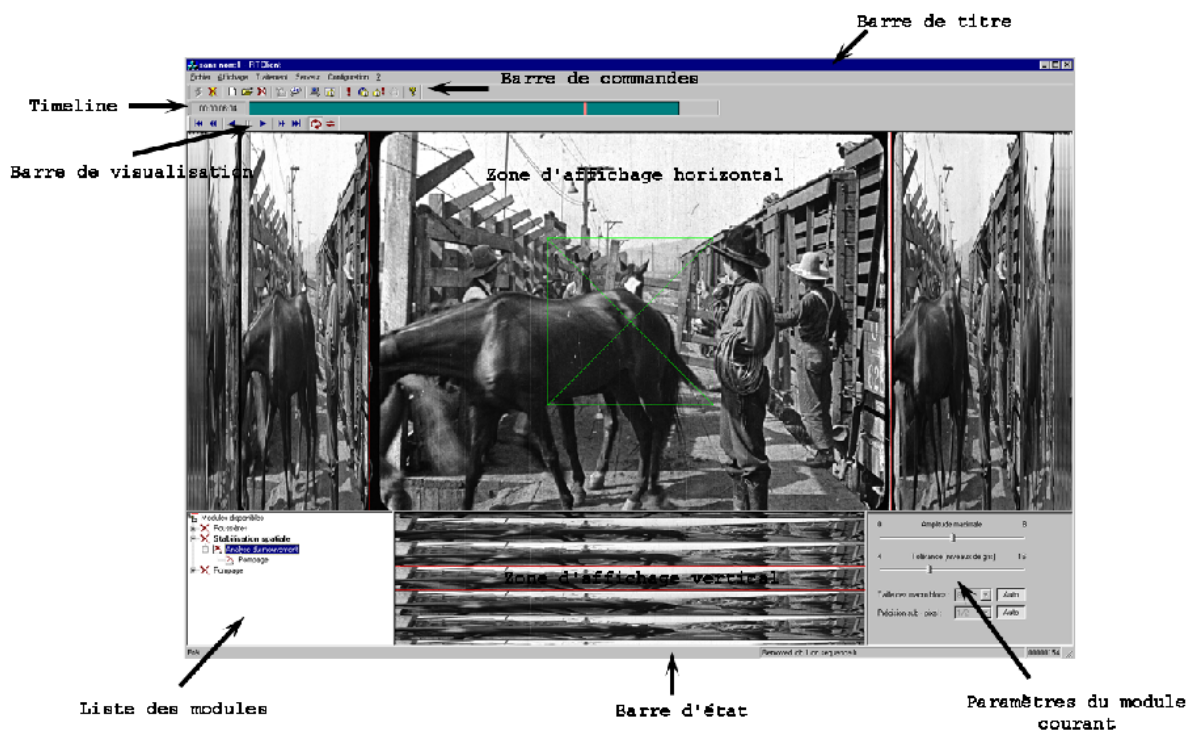


Cet algorithme permet une correction précise lorsque la rayure ne fait qu'altérer les données (il n'y a pas perte totale d'information au niveau de la rayure, uniquement dégradation partielle de l'information). Le logiciel procède par estimation Bayésienne du profil avant dégradation. La qualité de cette correction (en « synthétisant » également le grain du film) autorise des corrections quasi-invisibles lorsqu'on visualise le film à sa vitesse nominale.

Intégration du module "rayure" dans la suite logicielle RETOUCHE

Le module de détection / correction des rayures s'intégrant dans RETOUCHE, l'interface utilisateur de cette suite logicielle est également utilisée pour afficher les informations correspondantes au module de détection / correction de rayures.

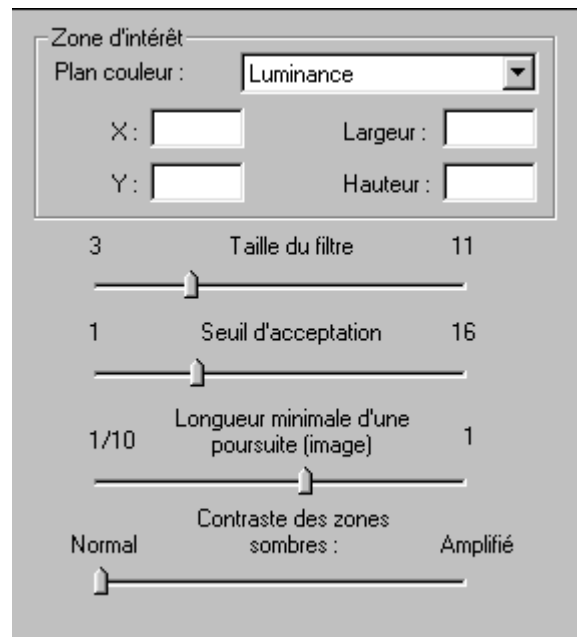
L'interface permet d'abord d'activer / désactiver le module. Si l'on choisi d'activer la détection de rayures, l'utilisateur peut fixer quelques paramètres comme la hauteur minimale d'une détection (afin d'éviter le marquage de structures verticales courtes), les seuils de detection, etc... Il peut également traiter les rayures claires ou sombres indépendamment, ou ne traiter qu'une zone particulière de l'image.



L'image ci-contre présente la zone de réglage de paramètres pour le module « rayures ». La zone d'intérêt peut se paramétrer via cette interface ou directement à la souris par sélection sur l'affichage principal.

La taille du filtre permet de régler la sensibilité de la détection des candidats, le seuil d'acceptation et la longueur minimale sont des paramètres influant sur la poursuite temporelle de la rayure.

Enfin, le réglage de contraste (influence de la loi de Weber) permet une détection plus aisée dans les images très sombres et/ou dans les images ayant subi une modification de gamma (images vidéos).



L'image ci-dessous présente un exemple de la vue principale du logiciel RETOUCHE, avec en surimpression le marquage d'une rayure.

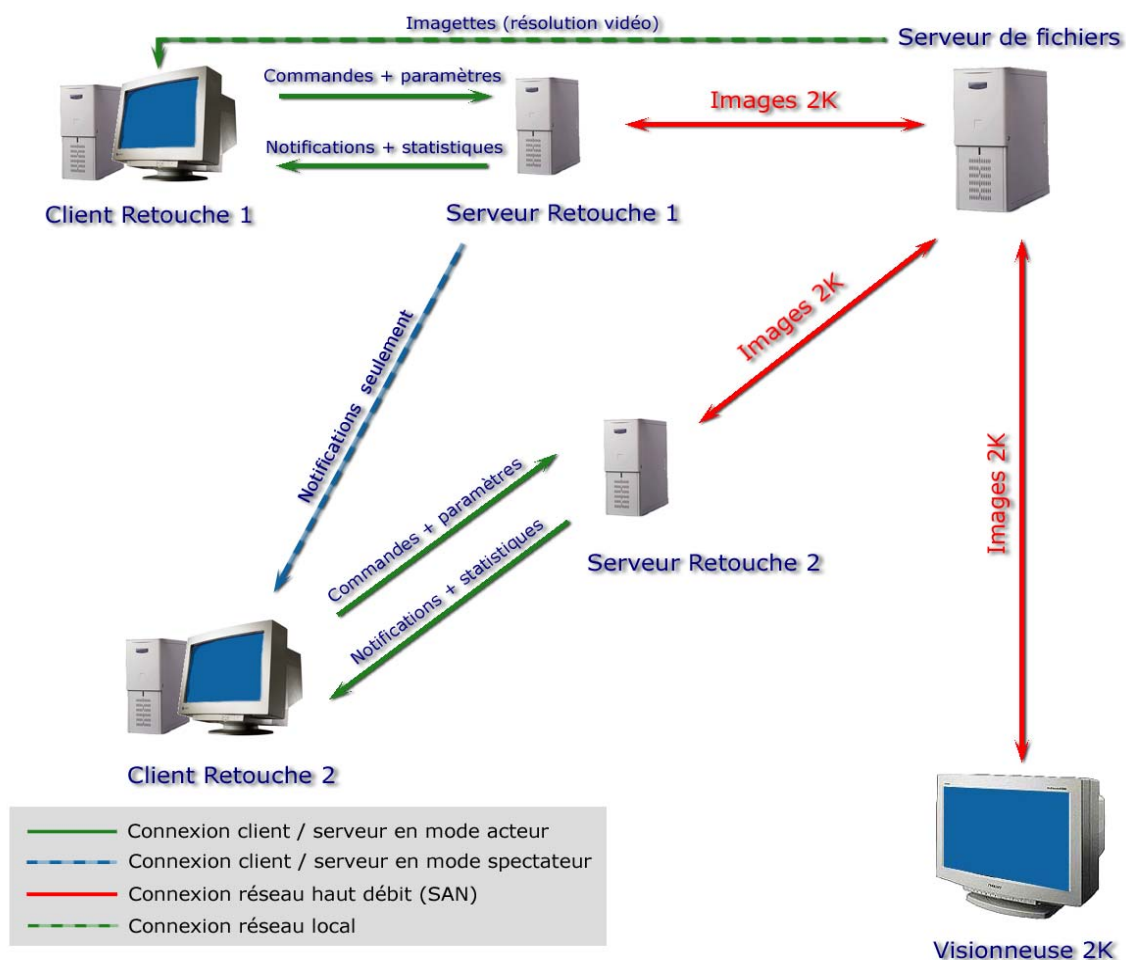


Adaptation à la structure informatique en place aux A.F.F. / C.N.C.

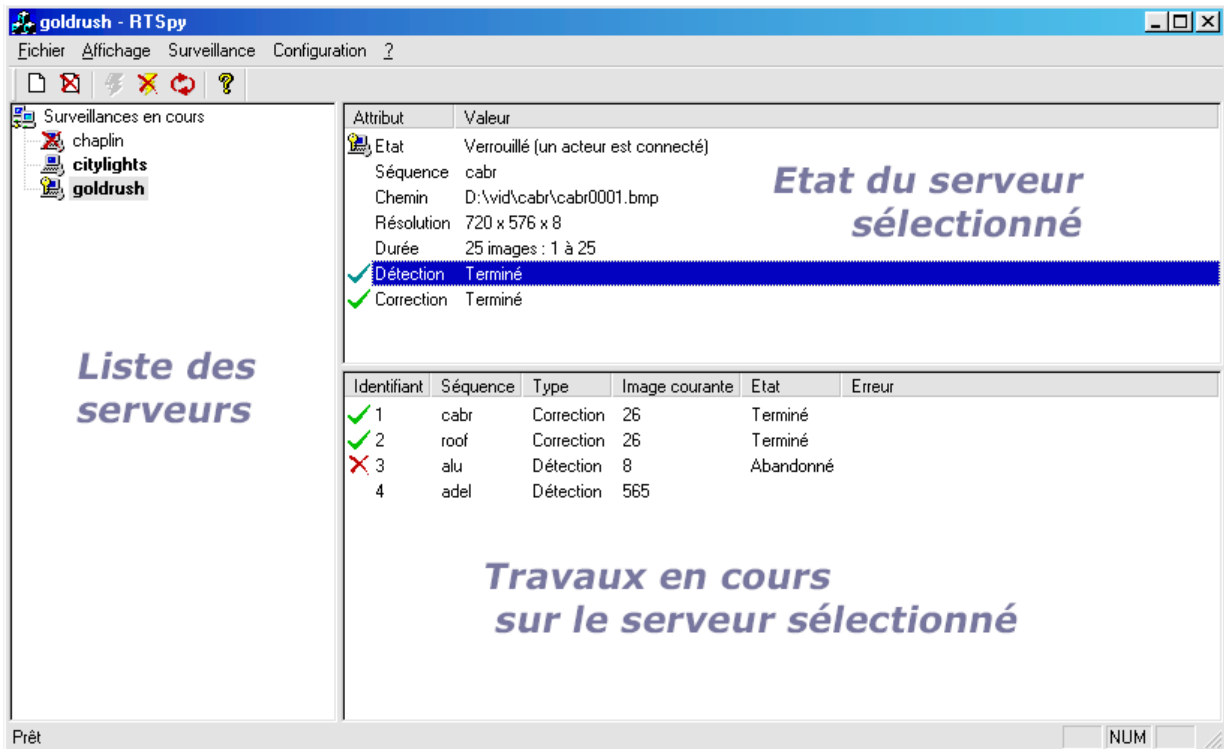
Déjà prévu dans le cahier des charges du programme PRIAMM « RETOUCHE », le logiciel de restauration de film doit être capable de permettre une parallélisation des tâches (plus exactement une distribution ou une répartition des tâches) sur plusieurs unités de calcul (dénommés serveurs de calcul). Le pilotage de l'ensemble s'effectue à partir d'un poste client doté de l'interface graphique.

L'architecture générale de RETOUCHE et des modules associés (flux d'images numériques et protocole de communication) a été particulièrement adaptée aux infrastructures du type de celles dont s'est doté les A.F.F. / C.N.C. Les images de grandes dimensions, représentant un débit important, transitent par un réseau haut débit (**FiberChannel** dans le cas de l'infrastructure des A.F.F. / C.N.C.) et les ordres de pilotage passent par le réseau conventionnel.

Ceci est illustré par le graphique ci-dessous. Les images sont sur le serveur de fichiers, qui dessert les serveurs de calcul par l'intermédiaire d'un réseau haut débit (en rouge). L'administration, le contrôle et les autres requêtes passent par le réseau local standard (en vert).



Un logiciel auxiliaire permet de superviser l'ensemble des calculs en cours. Ce logiciel peut s'exécuter sur n'importe quelle machine relié au réseau, permettant d'équilibrer les charges de calcul



Dernière mise à jour

Plus récemment, en juillet 2003, une mise à jour de RETOUCHE a apporté, en ce qui concerne la détection / correction des rayures, les améliorations suivantes :

- La possibilité d'effectuer la détection sur des différences de plan couleur : détection sur le résultat de (plan Bleu - plan Rouge), par exemple.
Cette possibilité facilite la détection lorsque la rayure est colorée (rayure coté émulsion, n'ayant endommagé qu'une couche chromatique d'un film couleur)
- Détection plus sensible dans les zones sombres. Le seuil de détection dépend maintenant de la loi psycho-visuelle dite « loi de Weber »

Conclusion

Les 2 points principaux de la convention ont été achevés. La livraison du logiciel « RETOUCHE » et la formation, prévues initialement en Décembre 2002, n'a pu avoir lieu qu'en mars-avril 2003 en raison du retard de livraison du système numérique de restauration de film du site de Bois d'Arcy.

Ce retard fut mis à profit pour développer le module de traitement de rayure qui fut livré conjointement au logiciel « RETOUCHE ». Une version améliorée fut livrée en Juillet 2003.

Les correctifs suite aux éventuelles erreurs dans cette nouvelle version seront évidemment dus.

En conséquence, je vous sollicite pour le versement du solde tel que prévu dans le cadre de la convention.

Pièces jointes à ce dossier :

CD-ROM contenant le logiciel RETOUCHE ainsi que des logiciels utilitaires complémentaires.

Le responsable scientifique du projet

Bernard BESSERER

Le directeur du Laboratoire L3i

Pascal ESTRAILLIER