

Table des matières

Table des matières	1
Liste des annexes.....	5
Introduction : le contexte d'émergence du projet.....	7
I. Etude analytique du projet.....	9
A. Analyse du projet	9
1. Choix du support multimédia.....	9
2. Le public visé par le projet.....	10
3. Etude prospective de l'intérêt des différentes formations post-universitaires pour le praticien vétérinaire.....	11
a) Le contexte de l'étude de marché.....	11
b) Les objectifs	12
c) La méthodologie.....	12
d) Description et analyse des résultats.....	13
B. Que doit contenir le projet multimédia? (Cahier des charges).....	14
1. Les éléments constitutifs du logiciel	14
2. L'organisation des données : ergonomie du logiciel.....	14
C. Les limites du projet.....	15
1. Les connaissances et les compétences nécessaires	15
2. Le financement.....	15
II. Présentation du matériel et des logiciels nécessaires à la conception du projet.....	17
A. Matériel nécessaire à la conception du cédérom.....	17
1. Matériel informatique de base.....	17
a) Le choix du processeur.....	17
b) La quantité de mémoire vive.....	17
c) Choix du disque dur	17
d) Les périphériques d'affichage	18
2. Matériel nécessaire à l'acquisition	18
a) L'appareil photographique	19
b) La caméra DV	19

c)	Carte d'acquisition vidéo en temps réel	20
3.	La configuration utilisée pour la conception du logiciel.....	21
B.	Logiciels indispensables à la conception du projet	22
1.	Le système d'exploitation	22
2.	Les logiciels nécessaires à l'acquisition des éléments multimédias	22
a)	L'acquisition des photographies numériques	22
b)	L'acquisition des films	22
3.	Les logiciels nécessaires au traitement des éléments multimédias	23
a)	Le traitement des photographies	23
b)	Le traitement des films numériques	23
4.	Logiciels nécessaires à la programmation.....	23
5.	L'environnement logiciel utilisé pour la conception du CD-ROM.....	24
III.	Méthode de conception du logiciel	25
A.	Choix de la présentation du logiciel	25
1.	Plan et arborescence	25
2.	Interface de navigation et ergonomie du logiciel	25
a)	Données conceptuelles sur l'ergonomie.....	25
b)	Recommandations générales pour la conception d'une interface ergonomique ..	28
B.	Recrutement des cas	35
1.	Le recrutement des cas de pathologie chirurgicale	35
2.	Utilisation de pièces anatomiques	36
C.	Acquisition des éléments multimédias	37
1.	Acquisition des photographies	37
a)	L'obtention de prises de vue de qualité.....	37
b)	Le format numérique retenu pour la conservation des photographies	39
c)	Les réglages de l'appareil photographique.....	40
2.	Acquisition des films.....	41
a)	La technique de prise de vue	41
b)	Le transfert et la conservation des données.....	41
3.	La numérisation des schémas	42
D.	Traitement des éléments multimédias	43
1.	Traitement des photographies et des schémas.....	43
a)	Traitement des schémas	43
b)	Traitement des photographies numériques.....	43

2.	Traitement des vidéos.....	46
a)	Choix et paramétrage des filtres de correction.....	47
b)	Choix et paramétrage du codec	47
E.	Assemblage des éléments multimédias : la programmation	58
1.	Ajustement des éléments du programme	59
2.	Principe de fonctionnement de Director.....	59
a)	La personnalisation de l'environnement de création.....	59
b)	La constitution d'une distribution	59
c)	L'incorporation des acteurs dans l'animation.	59
d)	La personnalisation et l'animation des images objets.....	59
e)	L'ajout de contrôles interactifs.....	60
f)	Le test et l'affinement d'une animation	60
g)	La préparation de l'animation en vue de sa distribution.	60
F.	Rectification des erreurs et test du logiciel	61
1.	Test de fiabilité : version alpha du logiciel	61
2.	Test de compatibilité : version bêta du logiciel.....	61
IV.	Résultats : présentation du logiciel.....	63
A.	Bilan des éléments constitutifs du cédérom	63
1.	Bilan des illustrations	63
2.	Présentation générale de l'interface	63
B.	Démonstration du logiciel à partir d'un exemple	64
V.	Discussion	69
A.	Limites du projet	69
1.	Les difficultés techniques.....	69
2.	Les solutions envisageables.	69
B.	La post production.....	70
1.	Le conditionnement du CD-ROM.....	70
a)	La sérigraphie du CD-ROM.....	70
b)	La pochette	70
c)	Le livret d'accompagnement.....	70
2.	La diffusion du cédérom	71
a)	Respect de la propriété intellectuelle et protection contre la copie.....	71
b)	Le pressage	73
c)	Les circuits de distribution	73

Conclusion.....	75
Bibliographie.....	77
Annexes.....	79

Liste des annexes

Annexe 1 : Liste des illustrations.....	81
Annexe 2 : Questionnaire d'enquête.....	83
Thème 1 : la formation post-universitaire en général	83
Thème 2 : les moyens de formation post-universitaire.....	85
Thème 3 : la formation sur les voies d'abord de la moelle épinière	88
Annexe 3 : Exemple de fiches élaborées pour chaque voie d'abord	91

Introduction : le contexte d'émergence du projet

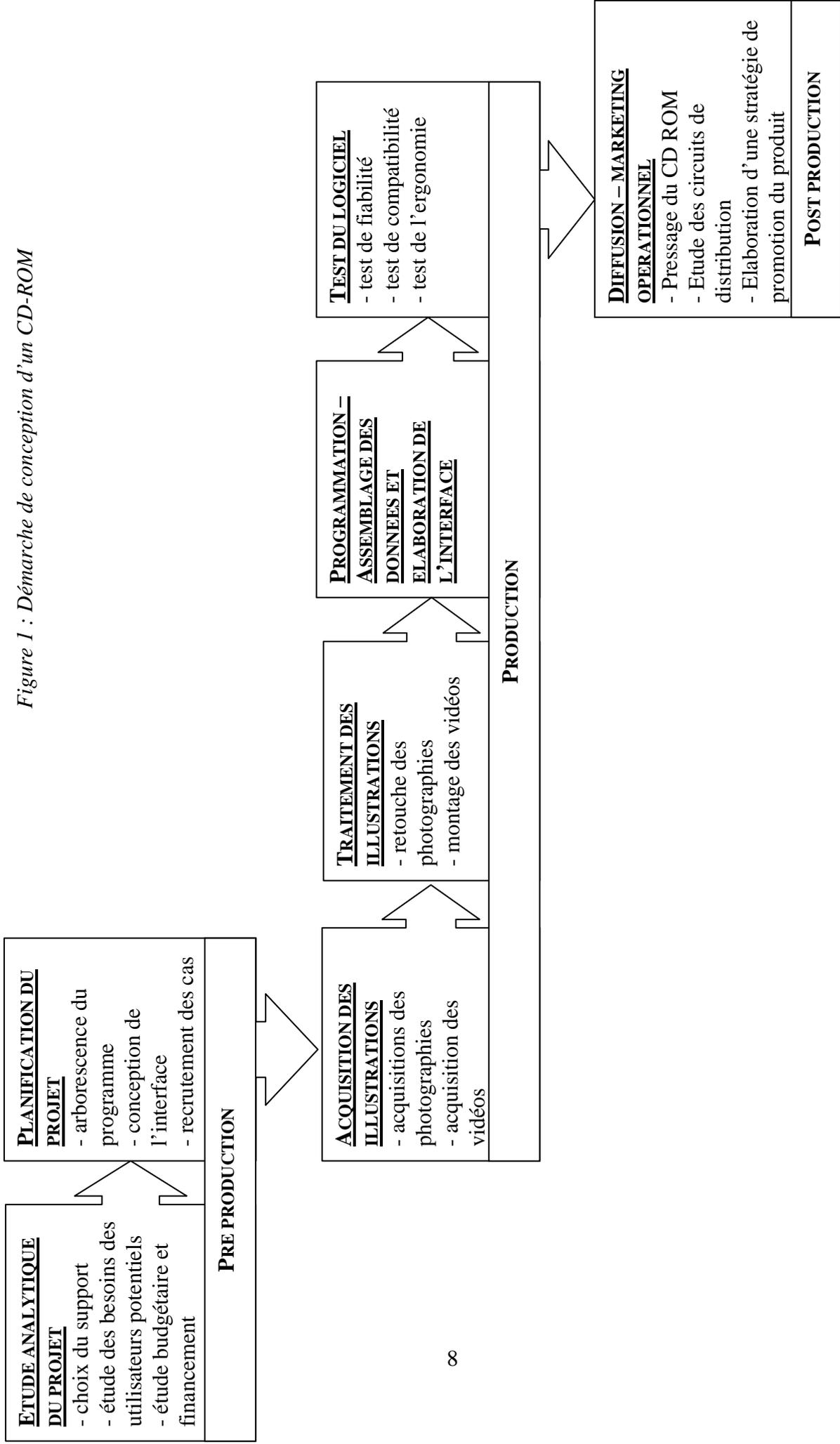
La chirurgie représente une part importante des activités du praticien vétérinaire. L'apprentissage de cette discipline se heurte à des difficultés majeures. Sur le plan pratique, l'apprentissage des gestes impose un travail pratique sous la direction d'un enseignement chirurgical sur des supports aussi divers que des mannequins ou des animaux de laboratoires. Sur le plan théorique, l'acquisition des connaissances est exclusivement assurée par l'intermédiaire de cours magistraux ou d'ouvrages de référence qui ne proposent que des éléments statiques (photographies, schémas et textes). Cette partie de la formation chirurgicale peut être améliorée.

De tous les outils pédagogiques le support informatique semble le plus souple et le plus attractif. Il permet de rassembler des films ainsi que des photographies dans le cadre d'une présentation interactive.

Cependant la création d'un tel support implique l'adoption d'une démarche rigoureuse ainsi que la maîtrise de nombreux procédés informatiques.

Ce compte-rendu de thèse expose cette démarche, résumée par la figure 1, en prenant pour exemple la conception d'un cédérom consacré aux voies d'abord de la moelle épinière chez les carnivores domestiques. Il permet de présenter l'étude analytique du projet, les éléments matériels et logiciels nécessaires à la conception du cédérom ainsi que la méthode de création du logiciel. Les résultats obtenus sont illustrés par l'intermédiaire d'une démonstration du logiciel qui apparaît sous forme de captures d'écrans. Enfin la discussion permet de présenter les étapes consécutives au développement du logiciel et de souligner les principales difficultés rencontrées au cours de la conception du cédérom.

Figure 1 : Démarche de conception d'un CD-ROM



I. Etude analytique du projet

L'analyse du projet est une étape préliminaire nécessaire à la réalisation de l'esquisse du programme et de son support. Elle permet d'identifier les éléments constitutifs du logiciel.

A. Analyse du projet

1. Choix du support multimédia (9, 16)

L'enseignement de la chirurgie fait principalement intervenir pour la partie théorique des cours magistraux et des ouvrages de référence. A l'Ecole vétérinaire d'Alfort, la première étape de l'enseignement pratique de la chirurgie se fait par l'observation des gestes chirurgicaux lorsque l'étudiant assiste un intervenant. Cette étape permet l'apprentissage des chirurgies les plus fréquentes. Les chirurgies du rachis demeurent relativement rares et occasionnelles, la formation des étudiants est donc plus difficile.

La présentation de films apparaît alors comme un élément incontournable de l'enseignement de la chirurgie. Cependant la diffusion de ce type d'outil pédagogique nécessite le choix d'un support inaltérable caractérisé par une souplesse d'utilisation et une certaine interactivité. Les vidéocassettes ne présentent aucun de ces avantages. Nous avons donc opté pour l'utilisation d'un support informatique.

La diffusion par internet correspond à la première alternative. Elle implique cependant plusieurs contraintes. Les données ne doivent être accessibles qu'à un nombre restreint de personnes et doivent donc être soumises à un système complexe de filtrage par mot de passe des personnes autorisées à se connecter au serveur.

La deuxième contrainte réside dans les limites de débit du réseau internet. Elles interdisent la diffusion d'éléments multimédia de qualité standard et imposent l'utilisation de films en basse résolution. Ceci semble incompatible avec l'objectif principal du projet : la diffusion de films de qualité suffisante pour permettre à une visualisation correcte des structures et des gestes chirurgicaux. Une des alternatives à l'utilisation d'internet est la mise à disposition du programme aux étudiants par l'intermédiaire du réseau interne de l'Ecole vétérinaire d'Alfort. Cette option, déjà appliquée à d'autres logiciels pédagogiques, est envisageable mais nécessite la mise en place d'un système de protection interdisant le téléchargement du logiciel.

L'utilisation d'un support de type cédérom (CD-ROM : Compact Disc Read Only Memory) semble être le choix le plus judicieux. Il offre une capacité de stockage de 700 mégaoctets pour un coût de production relativement faible. Il présente la particularité d'être quasiment inaltérable.

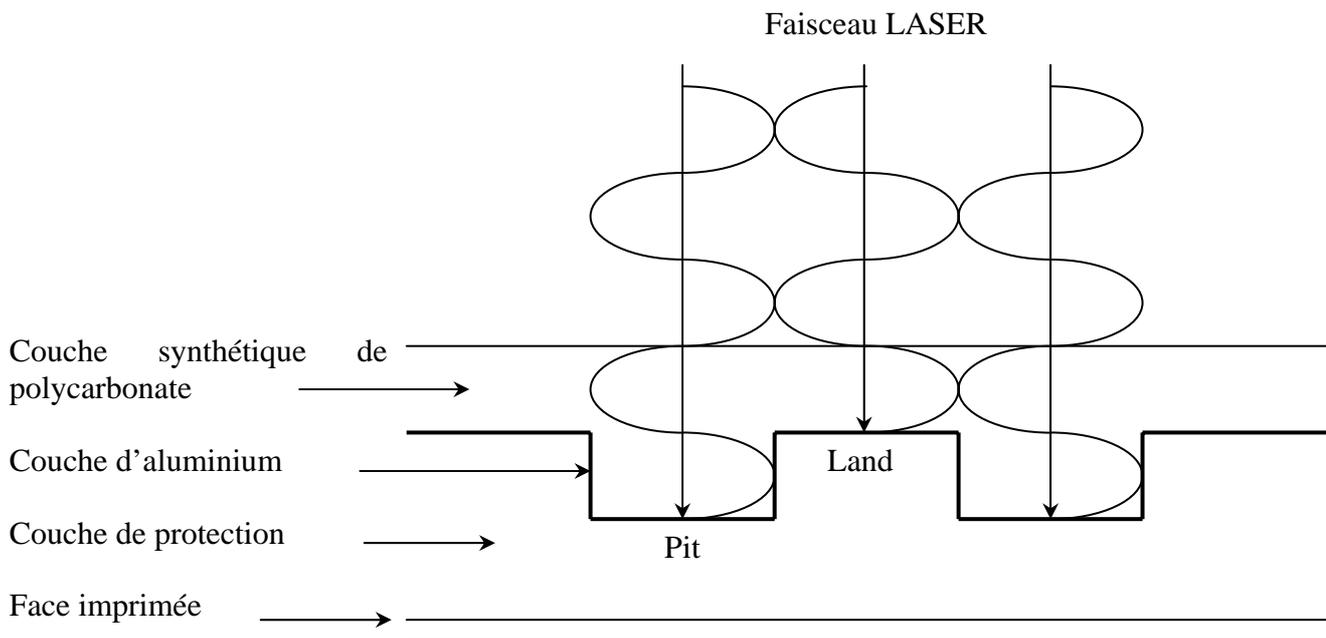
Il se présente sous la forme d'un disque en matière plastique de 12 cm de diamètre et de 1,2 mm d'épaisseur recouvert d'un revêtement opaque métallisé réfléchissant. Ainsi que le montre la figure 2, trois couches composent le CD-Rom. La première est composée de

polycarbonate transparent choisi pour ses propriétés optiques. Les données sont gravées sur une piste en forme de spirale, entre les rayons 20 et 58 mm. Le pas de cette spirale valant $1,6 \mu$ (micron), il faut faire 23.750 tours pour parcourir la totalité de la piste. A partir du rayon moyen (39 mm), on calcule ainsi une longueur totale de piste de 5,8 km. Cette piste est lue à partir du centre. Elle est constituée de creux ou cuvettes (pits) séparés par des espaces ou méplats (lands). Les creux ont une largeur de $0,6 \mu$ et une profondeur de $0,12 \mu$. La longueur d'un creux ou d'un méplat est comprise entre $0,83 \mu$ et $3,56 \mu$. On notera que les creux ont des dimensions comparables à la longueur d'onde de la lumière utilisée pour les détecter ($0,78 \mu$ soit un faisceau laser rouge). Creux et méplats représentent tous deux le chiffre binaire 0. Le passage d'un creux à un méplat (ou vice versa), qui se traduit par une variation de l'intensité du faisceau laser réfléchi par la piste, est détecté par une cellule photoélectrique, et transformé en chiffre binaire 1. Le détecteur délivre un courant proportionnel à l'intensité lumineuse reçue (ici est utilisé le phénomène d'interférence de phases car, la profondeur d'une micro-cuvette étant de $\frac{1}{4}$ de longueur d'onde du laser, un aller-retour correspond à une moitié de longueur d'onde, d'où la présence d'interférences destructrices et d'une faible intensité lumineuse).

La duplication en masse s'effectue généralement par pressage contre une matrice de verre selon un procédé décrit dans la discussion.

Cette couche est recouverte d'une couche d'aluminium, le tout est enveloppé d'un vernis de protection contre les agressions mécaniques et la poussière.

Figure 2 : Structure du CD ROM (9)



2. Le public visé par le projet

Il est essentiel de concevoir un produit répondant aux attentes des futurs utilisateurs. Cela implique l'identification des besoins des personnes qui auront accès au cédérom. Il est ainsi illusoire de croire à la possibilité de concevoir « un logiciel ergonomique » en

faisant l'impasse sur la connaissance des futurs utilisateurs et de leur manière de travailler. L'étude de la conception de l'interface du logiciel et de son ergonomie seront détaillées dans la troisième partie. Il est néanmoins possible d'analyser rapidement les conditions d'emploi du logiciel par les différents utilisateurs potentiels. Le logiciel sera destiné aux étudiants et aux praticiens vétérinaires. Concernant cette dernière catégorie il convient de distinguer les vétérinaires pratiquant régulièrement les interventions sur le rachis de ceux qui ne les pratiquent pas.

Les étudiants recherchent généralement un support pédagogique présentant les connaissances de manière exhaustive et linéaire. Les praticiens semblent davantage utiliser le cédérom comme un outil permettant d'apporter rapidement des réponses concrètes et pratiques à un problème.

La conception d'un logiciel destiné aux étudiants et aux praticiens implique donc l'utilisation d'un système de navigation intuitif et rapide autorisant soit une lecture linéaire des éléments multimédias soit accès rapide aux données recherchées.

3. Etude prospective de l'intérêt des différentes formations post-universitaires pour le praticien vétérinaire

a) Le contexte de l'étude de marché

Cette étude, nécessaire pour pouvoir appréhender les attentes des utilisateurs, a été effectuée par un groupe d'étudiants de l'Ecole supérieure de commerce de Reims dirigé par le professeur Parissier.

Pour comprendre l'intérêt de l'approche marketing il est nécessaire d'en décrire le fonctionnement.

L'étude de marché est une des composantes indispensables du marketing, elle intervient en amont de toute politique sérieuse de marketing et de communication. Elle peut être définie comme la mise en oeuvre de méthodes d'enquête subjectives et objectives qui ont pour but de recueillir des informations et de les analyser. Ces informations forment la base permettant de définir et d'évaluer une stratégie (marketing).

Ces informations concernent généralement les comportements, les attitudes et les motivations d'une cible déterminée. L'étude de marché est le premier pas préalable à toute prise de décision. Sa fonction de fournisseur d'informations n'est efficace que si elle permet au concepteur du projet de décider utilement en matière d'orientation stratégique.

Elle implique la participation d'un bureau d'étude dont le rôle est d'intervenir à différents niveaux:

- Le premier est un niveau de consultance:
 - diagnostic du problème
 - choix de la procédure, de la méthodologie.
- Le deuxième est la récolte de l'information:
 - la plupart du temps par des entretiens individuels : réalisation de l'étude (Des entretiens avec un nombre restreint de vétérinaires ont permis de procéder à une étude qualitative et de préparer un questionnaire d'enquête adapté.)
 - parfois par compilations de données existantes ou par entretiens avec des experts. (Il a été nécessaire de présenter aux membres du bureau la profession vétérinaire dans sa globalité ainsi que les activités du praticien afin de replacer l'étude de marché dans le contexte.)

- Le troisième est le traitement de l'information récoltée:
 - traitement statistique des résultats
 - regroupement et trie des résultats
 - analyse systématique des résultats.
- Le quatrième est à nouveau un niveau de consultance:
 - interprétation des résultats
 - recommandations
 - suivi des recommandations

b) Les objectifs

Trois objectifs principaux ont été définis :

- objectif 1 : qualifier les besoins des praticiens dans le domaine de la formation post-universitaire en général
 - o définir les disciplines qui nécessitent la mise en place de formations complémentaires
 - o définir les supports les plus utilisés par les praticiens pour leur formation et connaître leur degré de satisfaction
 - o connaître la fréquence d'actualisation de la formation des vétérinaires
- objectif 2 : déterminer les attentes des vétérinaires concernant le formation relative aux voies d'abord de la moelle épinière
 - o déterminer les domaines à développer sur le CD ROM
 - o connaître les éléments de présentation de l'information à privilégier
 - o évaluer l'intérêt d'un projet d'association avec un CD-ROM consacré à l'imagerie du rachis
- objectif 3 : définir les conditions de production et de commercialisation du CD-ROM (marketing opérationnel)

c) La méthodologie

Pour des raisons de coût la population d'étude a été limitée à Paris et à la région champenoise. Les données quantitatives relatives à la population d'étude ont imposées l'utilisation de la méthode des quotas pour le calcul de la taille de l'échantillon. Elle est déterminée par la formule :

$$N=t^2.p.q/e^2$$

t : coefficient dépendant de la précision recherchée

e : précision recherchée

p : proportion des individus présentant la caractéristique recherchée

$$q=1-p$$

Sur l'échantillon de 130 vétérinaires initialement estimé 72 ont été contactés. Ce sous effectif a eu pour conséquence une augmentation significative de la marge d'erreur et l'introduction d'un biais à l'origine d'une légère modification de la représentativité de l'échantillon. Le questionnaire, dont un exemplaire est présenté en annexe, a été administré de trois manières : au cours d'entretiens, par courrier ou par internet.

d) Description et analyse des résultats

(1) Formation post-universitaire

L'étude des besoins des praticiens dans le domaine de la formation post-universitaire tend à montrer que la médecine, la chirurgie et l'imagerie médicale sont les disciplines qui nécessitent, selon les vétérinaires interrogés, le développement de formations complémentaires. Il semble que les vétérinaires cherchent actuellement à se former surtout sur les pathologies cardiaques, respiratoires, dermatologiques, tumorales, les pathologies du système immunitaire et les pathologies du système nerveux. Actuellement, cette formation est essentiellement assurée par des ouvrages de référence, la presse spécialisée et des conférences ou des congrès. Ces supports semblent leur apporter une entière satisfaction et le CD ROM est utilisé secondairement et de manière anecdotique

(2) Formation sur les pathologies de la moelle épinière

Selon l'étude, 93% des vétérinaires ne pratiquent pas les interventions sur le rachis. Les deux principales causes citées sont le manque de connaissances et une demande trop faible. 57% des vétérinaires interrogés sont intéressés par une formation plus spécifique sur les pathologies du rachis. 60% d'entre eux estiment que le CD ROM serait un support facile à utiliser, intéressant et attractif. Pour la quasi-totalité de l'échantillon, les photographies, les séquences vidéo, les schémas et les cas pratiques permettraient d'améliorer leur formation.

61% des praticiens interrogés estiment qu'il serait opportun d'associer le programme à un CD-ROM spécifiquement consacré à l'imagerie médicale du rachis.

Il semble intéressant de mentionner que, parmi les vétérinaires interrogés, 7 ont affirmés pratiquer couramment des interventions sur le rachis.

Les données consacrées au marketing opérationnel (les circuits de distribution et moyens de promotion) seront abordées dans la discussion.

B. Que doit contenir le projet multimédia? (Cahier des charges)

1. Les éléments constitutifs du logiciel

Le programme doit présenter de la manière la plus claire et la plus démonstrative les voies d'abords de la moelle épinière. La chirurgie étant une discipline où le geste est fondamental, l'utilisation d'éléments vidéos paraît incontournable. Les protocoles doivent cependant être découpés en séquences de courte durée décrivant les principaux temps chirurgicaux. Cette présentation permet un accès rapide aux informations et permet d'éviter l'apparition d'une éventuelle lassitude que l'utilisateur peut ressentir lors de la visualisation de trop longues séquences.

Les photographies doivent permettre d'illustrer des phases statiques des protocoles telles que la présentation de la position de l'animal ou l'affichage d'éléments d'imagerie médicale.

Les schémas d'interprétation et d'anatomie peuvent être utilisés afin de clarifier les photographies ou les films proposés en remplaçant et nommant les structures observées. Il ne paraît pas judicieux de les utiliser directement pour illustrer les temps chirurgicaux.

2. L'organisation des données : ergonomie du logiciel

L'interface graphique et le système de navigation sont des éléments essentiels de l'ergonomie. Les données conceptuelles relatives à cette discipline seront abordées ultérieurement. Elle a pour but l'adaptation des conditions de travail aux utilisateurs et s'appuie pour cela sur l'analyse du concept interface homme machine. La navigation à l'intérieur du CD-ROM doit être intuitive et simple. L'analyse de l'arborescence du CD-ROM informe sur les possibilités d'organisation du logiciel. L'interface graphique doit permettre de mettre en évidence de manière harmonieuse et conviviale le contenu du programme.

C. Les limites du projet

Avant d'entreprendre la conception d'un CD ROM, il est nécessaire d'en évaluer les principales difficultés.

1. Les connaissances et les compétences nécessaires

La conception d'un CD ROM implique de nombreuses étapes et requiert des compétences très diverses. Le recueil et l'analyse des données au cours de l'étude de marché impliquent la participation d'experts en marketing. L'acquisition des photographies et des films nécessite des connaissances dans le domaine des techniques de prise de vue. Le traitement de ces éléments suppose la maîtrise de logiciels relativement complexes spécialisés dans la retouche d'image ou la manipulation de vidéos numériques. Enfin la programmation du logiciel exige la maîtrise de concepts d'ergonomie du logiciel.

Or le règlement relatif à la soutenance de thèse impose des échéances difficilement compatibles avec l'aboutissement d'un tel projet. Il est alors indispensable d'analyser les différentes possibilités de sous-traitance et le gain de temps qu'il est possible d'en espérer. Il semble que le nombre important d'étapes impliquerait la coopération de nombreuses personnes. Les problèmes de disponibilités des différents intervenants que nous pourrions rencontrer nous ont imposé de sous-traiter un nombre restreint d'opérations. Cela nous a amené à tenir simultanément ou alternativement des rôles aussi divers que celui de rédacteur, de photographe, de réalisateur de films, d'infographiste et de programmeur.

Les chirurgies ont été assurées par monsieur Moissonnier, professeur de Chirurgie à l'Ecole nationale vétérinaire d'Alfort et spécialiste de neurochirurgie. Les éléments de dissection sont le résultat de la coopération entre monsieur Moissonnier et monsieur Degueurce, professeur d'Anatomie de l'Ecole nationale vétérinaire d'Alfort. Leur participation tant dans la conception que dans le choix des illustrations et la relecture des textes a permis d'apporter au projet une validité scientifique indiscutable.

2. Le financement

Il est indispensable d'incorporer des éléments budgétaires dans l'analyse du projet afin d'en déterminer la viabilité. Cela suppose de recenser et d'évaluer l'ensemble des coûts inhérents à la conception d'un CD-ROM. Les dépenses sont essentiellement le résultat de l'achat de matériel et de logiciels nécessaires à l'acquisition, au traitement, à l'organisation et à la conservation des données. En voici une estimation approximative :

- Matériel et logiciels de base :
 - Configuration PC (CPU 2 GHz, 512 Mo de DDR, disque dur 100 Go, écran 19 pouces, graveur de CD ROM) : 1500€
 - Système d'exploitation (Windows XP) : 450€
- Matériel et logiciels nécessaires à l'acquisition et au traitements des données :

- Appareil photographique numérique : 1600€
- Caméscope numérique : 1400€
- Scanner : 100€
- Traitement de texte (Word XP) : 800€
- Acquisition et retouche d'images (Adobe Photoshop 7) : 1200€
- Acquisition et traitement vidéo (Adobe Première) : 830€
- Logiciel nécessaire à la programmation :
 - Macromedia Director : 2000€

Si le budget de conception de CD ROM pédagogiques élaborés par des entreprises spécialisées peut atteindre plusieurs centaines de milliers d'euros (5), nos faibles moyens nous ont imposé d'envisager un projet relativement modeste.

Les justifications des choix tant du point de vue matériel que logiciel seront abordées dans la partie suivante.

Au total la finalisation du produit nécessite un financement de l'ordre de 9880€
L'équilibre budgétaire doit impérativement être atteint de deux manières :

- un apport direct de capitaux extérieurs : chaque année le Ministère de l'Agriculture alloue une certaine somme aux étudiants des écoles vétérinaires afin de financer les thèses à caractère expérimental ou technique. La répartition des fonds se fait après étude des demandes par un groupe d'enseignants de l'ENVA. Un budget prévisionnel de 24000F soit environ 3660€ a été proposé au jury qui, après délibération, a accepté de faire financer le projet. Il convient de préciser que cette estimation ne prenait en compte que les frais consécutifs à l'achat du matériel et des logiciels exclusivement consacrés à la conception du CD ROM. Les frais résultant de l'achat du matériel et des logiciels de base, le financement de l'étude de marché et les coûts de post production n'ont pas été mentionnés.
- la commercialisation du produit.

Conclusion de la première partie

L'étude analytique du projet, étape incontournable dans la conception d'un CD ROM, permet de définir le contenu et l'architecture du logiciel. Le financement correspond souvent à l'étape la plus difficile et il convient d'utiliser au mieux les capitaux extérieurs en choisissant de manière prioritaire le matériel et les logiciels les plus adaptés aux besoins.

II. Présentation du matériel et des logiciels nécessaires à la conception du projet

A. Matériel nécessaire à la conception du cédérom

1. Matériel informatique de base

Le choix de la configuration doit prendre en compte les spécificités du travail de conception afin de déterminer les facteurs limitants dans les éléments matériel à utiliser.

Pour des raisons de fiabilité et de puissance la programmation a été effectuée sur une configuration PC.

a) Le choix du processeur

Le processeur correspond au matériel de base permettant de définir la puissance de calcul de l'ordinateur. Cette puissance dépend de trois facteurs. La génération du processeur définit la complexité de l'architecture de la puce. Elle est en rapport avec la finesse de gravure des circuits et avec la quantité d'éléments constitutifs du CPU (Central Point Unit). La fréquence de fonctionnement correspond au deuxième facteur. Elle indique le nombre d'opérations que le processeur peut effectuer en une seconde. Le dernier facteur est la présence éventuelle de fonctions ou d'instructions spécifiques facilitant certains calculs. Les instructions MMX™ (Multimédia Extensions) présentes dans la plupart des processeurs récents et 3DNow™ spécifiques aux processeurs AMD® en sont de parfaits exemples.

L'encodage du signal vidéo est une étape qui nécessite énormément de ressources CPU. Il est préférable de choisir un processeur de dernière génération avec une fréquence minimale de 1,7 GHz (gigahertz).

b) La quantité de mémoire vive

La manipulation des photographies en hautes définitions et des vidéos implique un stockage temporaire dans la mémoire vive du système. La taille de la mémoire vive ainsi que sa fréquence de fonctionnement sont les principaux facteurs limitants. Il convient d'utiliser au minimum 256 Mo (mégaoctet) de DDR à 266 MHz (mégahertz). Il faut toutefois préciser que les tests matériels tendent à démontrer que les configurations équipées de 512 Mo de mémoire DDR présentent des performances 50% supérieures aux configurations équipées de 256 Mo.

c) Choix du disque dur

Le format numérique DV (Digital Vidéo) offre une qualité exceptionnelle mais implique le transfert d'une quantité énorme d'informations. En effet ce standard permet d'obtenir des images de résolution 720x576 codées sur 12 bits. Avec 25 images par secondes on obtient le calcul du débit nécessaire pour la seule piste vidéo: $720 \times 576 \times 12 \times 25 / (8 \times 1024 \times 1024) = 14,83 \text{ Mo/s}$.

Un calcul analogue appliqué à la piste audio permet d'estimer le débit audio à 176.4 Ko/s.

Au total le format DV non compressé implique un taux de transfert d'environ 15 Mo/s en temps réel avec une taille de fichier vidéo de l'ordre de 900 Mo par minute.

Ces caractéristiques sont à l'origine de deux problèmes majeurs. Le premier est la possibilité d'acquisition en tant réel sur une unité de stockage capable d'accepter un tel débit d'information. Le second réside dans la capacité de stockage de cette unité qui doit être à la mesure de la taille absolument colossale des fichiers créés.

L'adoption de format de compression vidéo semble être la seule alternative à l'utilisation de fichiers dont la taille rend le stockage et la manipulation extrêmement délicats. Cependant le choix du format de compression lors de l'acquisition doit se porter sur un format présentant peu de perte et donc nécessitant l'utilisation d'une unité de stockage à débit élevée et avec une certaine capacité.

Choisir le disque dur adéquat suppose une certaine connaissance des caractéristiques qui le définissent :

- Le taux de transfert correspond à la quantité de données qui peut être lue ou écrite sur le disque en un temps donné.
- Le temps de latence (aussi appelé délai rotationnel) représente le temps entre l'instant où le disque a trouvé la piste de donnée et le moment où il accède à ces données.
- Le temps d'accès est la durée nécessaire à la tête de lecture pour aller d'une piste à la suivante.
- Le temps d'accès moyen correspond à la durée qui sépare la réception de l'ordre de transfert des données et le moment où le disque les transfère réellement.
- La densité radiale est le nombre de pistes par pouce.
- La densité linéaire est le nombre de bits par pouce sur une piste donnée.
- La densité surfacique est le rapport entre la densité linéaire et la densité radiale.

Le critère de choix le plus important demeure celui de l'interface : SCSI ou ultra DMA.

L'interface SCSI permet la prise en charge simultanée d'un grand nombre d'unités. Elle présente de nombreux atouts avec une occupation processeur centrale réduite, un taux de transfert très élevé et une stabilité parfaite. Le principal inconvénient de cette technique réside dans son coût qui limite son utilisation au domaine professionnel. La norme ultra DMA (Direct Memory Access) est fournie en standard dans toutes les configurations. Bien que légèrement moins performante que la norme SCSI elle permet l'utilisation d'un taux de transfert relativement élevé avec une faible utilisation du CPU. Il est conseillé de choisir un disque dur de norme ultra DMA 100 ou 133 avec une capacité de 100 Go (gigaoctet).

d) Les périphériques d'affichage

L'affichage est un élément essentiel du confort et de la précision du travail.

Le choix de la carte graphique est basé principalement de la quantité de mémoire embarquée. De cette caractéristique dépend le nombre de couleurs de l'affichage. Une carte graphique AGP avec 32 Mo de mémoire correspond à la configuration minimale.

Le moniteur est le deuxième élément d'affichage à prendre en considération. Sa taille est le critère de choix le plus objectif. Un écran 19 pouces permet une excellente visualisation des images et des vidéos.

2. Matériel nécessaire à l'acquisition

La qualité du matériel d'acquisition détermine la qualité des illustrations et donc influence la perception qu'a l'utilisateur du produit.

a) L'appareil photographique

Les appareils photographiques numériques semblent présentés de nombreux avantages :

- une mise au point automatique et une haute définition de résolution
- la possibilité de contrôle direct de la balance des blancs, des couleurs et l'application de filtres correctifs
- la possibilité de prévisualisation et de sélections de images
- une acquisition directe des photographies. Cela permet d'éviter l'étape de développement qui est longue, coûteuse, aléatoire ainsi que les pertes de qualité inhérentes à l'étape de numérisation des photos argentiques.

La résolution ainsi que la qualité du système optique correspondent aux principaux critères de choix.

b) La caméra DV (2, 6)

Le choix du matériel vidéo doit être fondé sur la qualité des prises de vue et la fidélité du signal de restitution. Le mode analogique est caractérisé par une transmission du signal vidéo par l'intermédiaire d'ondes modulées en fréquence. Le codage du signal prévoit la possibilité d'osciller entre une valeur minimale et une valeur maximale en utilisant l'ensemble des valeurs disponibles. Le signal numérique utilise une transmission de l'information exclusivement sous forme de valeur fixe pour un intervalle de courbe. Le système de codage est de type binaire et décrit ces points sous la forme d'une séquence de valeurs minimales ou maximales correspondant respectivement au 0 ou au 1.

Outre la possibilité de présence d'artéfacts et de signaux parasites lors des prises de vue, le système de vidéo analogique présente le risque d'introduction de bruits interférant avec la qualité de l'image au cours de la transmission du signal. Chaque nouvelle transmission ou duplication est à l'origine d'une perte de qualité quasiment inévitable.

Le mode numérique offre une très haute fidélité de restitution permettant des transferts et des duplications sans aucune perte. Il permet également d'envisager de manière assez intuitive un montage non linéaire.

Le choix doit donc de préférence se porter sur l'utilisation d'un caméscope numérique ou caméra DV. Le matériel doit être choisi en fonction des critères définis dans le tableau 1.

Tableau 1: Les principaux critères de choix de la caméra DV

Autonomie	l'autonomie des batteries est un élément important du confort des prises de vue
CCD	son format détermine la valeur approximative de la focale standard. La résolution indique la définition maximum de l'image. Il doit être d'un million de pixels au minimum.
Compacité	l'encombrement n'est pas en relation avec les performances et de minuscules caméscopes fournissent une très bonne qualité. Du fait de la spécificité des prises de vue avec fixation sur système d'éclairage chirurgical l'encombrement doit être minimal.
Définition horizontale	mesure de la capacité à restituer les détails les plus fins d'une image constituée de traits verticaux d'épaisseur décroissante.
Définition verticale	la résolution ou piqué de l'image s'apprécie ici selon la capacité de la caméra testée, à restituer une image composée de traits horizontaux de plus en plus fins.
Diaphragme manuel	Il permet de pallier manuellement à l'absence de touches fondu et contre-jour.
Ecran LCD	En couleurs il fait appel à un écran à cristaux liquides. Il permet la visualisation des prises de vue et l'ajustement de différents réglages tels que le cadrage, le centrage ou la balance des blancs.
Equilibre chromatique	Un blanc pur est la résultante d'un niveau identique des trois couleurs primaires rouge, vert et bleu qui le composent. La mesure est effectuée au centre et dans les angles, à deux intensités lumineuses.
IEEE 1394	Il s'agit d'une interface série normalisée destinée à transférer les données à grande vitesse (100 mégabits dans la version la plus « lente » du standard).
Linéarité, luminance	Ce paramètre indique la capacité du caméscope à restituer une image éclairée uniformément du centre aux bords de l'image et dans les angles.
Mise au point	Elle peut se faire de façon automatique ou manuelle.
Sensibilité/contraste	Ce paramètre indique la possibilité de restituer une image contrastée et colorée même dans les conditions de faible éclairage.
Zoom	Il s'agit d'un objectif à focale variable. Il permet d'effectuer des travellings optiques.

c) Carte d'acquisition vidéo en temps réel (6)

La norme FireWire, aussi connue sous le nom de IEEE-1394, a été introduite comme une interface universelle pour la transmission des données séries à haute vitesse entre différents composants électroniques tels les disques durs, les lecteurs CD-ROM, les scanners et les cartes de capture vidéo. La technologie FireWire supporte trois vitesses de transfert: 100, 200 et 400Mbits/sec. 16 périphériques peuvent s'interconnecter avec une distance pouvant aller jusqu'à 4 mètres entre chaque périphérique. La compression des données reste à la charge du processeur central.

Le choix de la carte d'acquisition dépend essentiellement de sa stabilité et surtout de l'offre logicielle qui l'accompagne. Il est préférable de privilégier un matériel accompagné d'un logiciel d'acquisition qui a souvent le mérite d'être simple, intuitif et surtout optimisé pour la carte.

3. La configuration utilisée pour la conception du logiciel

Tableau 2: Caractéristiques de la configuration utilisée pour la conception du CD-ROM

Matériel de base	CPU	AMD Athlon XP 2 GHz
	Mémoire vive	256 Mo DDR 333
	Disque dur	IBM 100 Go, UDMA 100
	Carte graphique	32 bits, 64 Mo, AGP X4
	Moniteur	19 pouces
Matériel d'acquisition	Appareil photographique numérique	SONY® DFC-F707 5 mégapixels, optique Carl Zeiss
	Caméra DV	SONY® DCR-PC101E
	Carte d'acquisition	Pinnacle system, Studio DV

B. Logiciels indispensables à la conception du projet

1. Le système d'exploitation

L'OS « Operating System » est un programme qui gère le matériel et fournit un environnement d'exécution uniforme pour les autres programmes et applications. Il intervient dans la gestion des ressources (processeur, mémoire, périphérique de stockage et d'affichage) et permet à l'utilisateur de communiquer avec le système. Il fournit les services de base qui permettent aux applications d'utiliser le matériel. La couche d'abstraction matérielle permet, quant à elle, de fournir aux applications tous les services dont elles ont besoin, même si le matériel sous-jacent ne les fournit pas directement. Grâce à cette couche, le système apparaît donc comme une « machine virtuelle » de très haut niveau, qui propose tous les services de base de manière standardisée.

Il existe une grande diversité d'OS (Windows, Linux, Unix, Beos, OS2 Warp...). Ils représentent l'interface entre l'homme et la machine et le succès de certains d'entre eux s'explique principalement par une ergonomie intuitive et esthétique.

Le choix du système d'exploitation ou OS « Operating System » doit prendre en compte trois critères principaux :

- la facilité d'installation et d'utilisation (ergonomie)
- la stabilité
- l'offre logicielle associée.

Le système d'exploitation Windows XP Pro proposé par la société Microsoft semble présenter toutes ces caractéristiques. L'automatisation d'un grand nombre de processus tels que l'installation du programme, l'installation et la gestion de nouveaux matériels facilite son utilisation. La stabilité qui caractérise de manière générale les systèmes d'exploitations de type Windows NT participe à la fiabilité du système. De plus Windows est un environnement standard de facto. Cette standardisation, issue du quasi monopole de la société Microsoft, explique l'offre logicielle relativement vaste spécifique à cet OS. Enfin il propose aux développeurs un environnement de programmation correct.

2. Les logiciels nécessaires à l'acquisition des éléments multimédias

a) L'acquisition des photographies numériques

Grâce à Windows XP, cette acquisition se fait de manière automatique par l'intermédiaire de la fonction proposée par l'assistant de transfert des données provenant de périphériques d'acquisition.

b) L'acquisition des films

Le transfert des vidéos numériques se fait par l'intermédiaire d'un logiciel d'acquisition et de montage vidéo. Il existe un grand nombre d'offres logicielles. Ces programmes permettent de piloter le matériel et d'effectuer l'acquisition de séquences de films afin de procéder à un montage non linéaire. Comme pour de nombreux « software », la puissance d'un programme de montage est inversement proportionnelle à sa facilité d'emploi.

Deux possibilités se présentent alors :

- l'utilisation d'un logiciel standard fourni avec la carte d'acquisition. Il est souvent simple, voire minimaliste, optimisé pour le matériel, toujours suffisant et souvent convivial.

- l'utilisation d'un logiciel complet tel que Première de la société Adobe. La complexité de ce programme le réserve à des utilisateurs expérimentés.

3. Les logiciels nécessaires au traitement des éléments multimédias

a) Le traitement des photographies

Le traitement des images implique l'utilisation de logiciels puissants permettant d'améliorer la qualité des photographies. Parmi les nombreux logiciels disponibles, deux semblent présenter un grand nombre de possibilités.

Adobe® Photoshop®

Le logiciel Adobe® Photoshop® 7.0, référence professionnelle dans le domaine de la retouche d'images et de l'infographie, offre une panoplie de fonctionnalités extrêmement complète. Aux fonctions d'améliorations de la qualité d'image s'ajoutent des outils avancés souvent utilisés par les graphistes professionnels et un grand nombre de filtres améliorateurs et novateurs (plus de 95 filtres d'effets spéciaux).

The Gimp, un éditeur d'images puissant et gratuit

The Gimp, éditeur d'images bitmap, est l'équivalent sur les systèmes Linux de Photoshop. Initialement développé pour les systèmes Linux, GIMP, de l'acronyme « GNU Image Manipulation Program », a été adapté tardivement à l'environnement Windows. Cet outil gratuit de retouche d'image et de création graphique rivalise, au moins sur le plan de la création d'illustrations et d'effets visuels pour le web, avec Photoshop. Les possibilités de GIMP peuvent être étendues grâce au support d'extensions, une centaine de plug-ins est d'ailleurs livrée en standard.

Cependant la version adaptative de GIMP est un portage pur et simple de l'application Linux, aussi l'interface semble atypique et en rupture totale avec l'ergonomie standard des applications Windows. L'environnement de travail n'est pas mono-bloc mais l'application apparaît dans une disposition modulaire. Le plan de travail n'est donc pas unique et se présente sous la forme d'une multitude de fenêtres (jusqu'à une douzaine) qui peuvent être affichées simultanément. Le caractère peu conventionnel de l'interface peut représenter un obstacle à son utilisation et son usage doit être réservé aux utilisateurs expérimentés habitués au mode de fonctionnement du système Linux.

b) Le traitement des films numériques

Parmi les solutions logicielles de montage vidéo le programme VirtualDub semble présenter le meilleur rapport puissance/facilité d'emploi. Logiciel gratuit et « open-source », il permet d'effectuer de manière intuitive des modifications sur des séquences vidéos préalablement sélectionnées. De plus, il dispose de nombreux filtres (une soixantaine) permettant d'améliorer la qualité des images. Enfin, il permet, par l'intermédiaire du codec DivX, d'obtenir des vidéos présentant un rapport qualité/taille inégalé.

4. Logiciels nécessaires à la programmation

La programmation correspond à la conception d'une interface graphique qui, par l'intermédiaire d'un système de navigation, permet à l'utilisateur du logiciel d'accéder aux informations. Cette étape de rassemblement et de présentation des données peut être effectuée selon deux principes.

La programmation du logiciel au format HTML consiste à présenter le logiciel sous la forme de pages de site internet conçues avec un éditeur de pages web tel que Dreamweaver de la société Macromédia. La simplicité du procédé rend la programmation accessible aux moins expérimentés. Les possibilités des éditeurs de sites permettent d'obtenir des présentations relativement abouties et esthétiques. Les effets de transitions et l'interactivité demeurent cependant assez limités.

L'utilisation de logiciels plus spécifiquement conçus pour la programmation, tels que Director de la société Macromédia, permet d'obtenir des animations et des applications multimédias interactives. La complexité de ce programme réserve son emploi à des utilisateurs expérimentés. Le langage de scriptage intégré, Lingo, permet d'optimiser les interactions et d'obtenir des présentations esthétiques avec des possibilités quasi illimitées.

5. L'environnement logiciel utilisé pour la conception du CD-ROM

Tableau 3: Les principaux programmes utilisés pour la conception du logiciel

Système d'exploitation		Windows XP Pro
Logiciels d'acquisition vidéo		Pinnacle Studio LE
Logiciels de traitement	Retouche d'images	Adobe Photoshop 7.0 The Gimp
	Montage vidéo	VirtualDub 1.51
Logiciel de programmation		Macromédia Director 8

Conclusion de la deuxième partie

Le choix judicieux des éléments matériels et de l'environnement logiciel est un facteur essentiel de l'efficacité du travail. Leurs performances influencent directement les possibilités de création et la rapidité d'exécution des tâches et représentent donc les critères de choix principaux. La facilité d'utilisation doit être prise en compte car, ainsi que le suggère la description de la méthode de conception du logiciel, les programmes présentant une complexité excessive imposent un apprentissage long et fastidieux.

III. Méthode de conception du logiciel

A. Choix de la présentation du logiciel

1. Plan et arborescence

L'élaboration du plan du CD ROM et de son arborescence est une étape préliminaire incontournable dans la programmation. Son objectif est d'organiser les données dans le logiciel et de présenter les éléments constitutifs du programme et les liens qui les relient sous la forme d'un diagramme.

Ainsi que le montre la figure 3, il a été convenu de présenter un premier niveau de sélection qui propose d'accéder soit au contenu de données chirurgicales, soit à une aide générale, soit à une interface qui détermine la compatibilité du matériel informatique.

Dans la partie chirurgie de la moelle épinière, l'utilisateur sélectionne en premier la région. Ce choix permet d'accéder à un menu contextuel qui recense les principales voies d'abord du site retenu. Le choix du protocole permet d'afficher les temps chirurgicaux du protocole analysé. L'étude de ces temps peut se faire de manière linéaire ou selon un ordre dicté par l'expérience de l'utilisateur.

2. Interface de navigation et ergonomie du logiciel

a) Données conceptuelles sur l'ergonomie (14, 15)

Le terme ergonomie vient du grec *ergon* (travail) et *nomos* (loi, règles). L'ergonomie peut donc être définie comme « la science du travail ». Elle correspond à la mise en œuvre de connaissances scientifiques relatives à l'homme apportées par différentes disciplines (physiologie, psychologie, sociologie, médecine,...) et nécessaires pour concevoir des outils, des machines et des dispositifs qui puissent être utilisés avec le maximum de confort, de sécurité et d'efficacité pour le plus grand nombre.

L'adaptation du travail à l'homme nécessite l'aménagement des systèmes homme-machine.

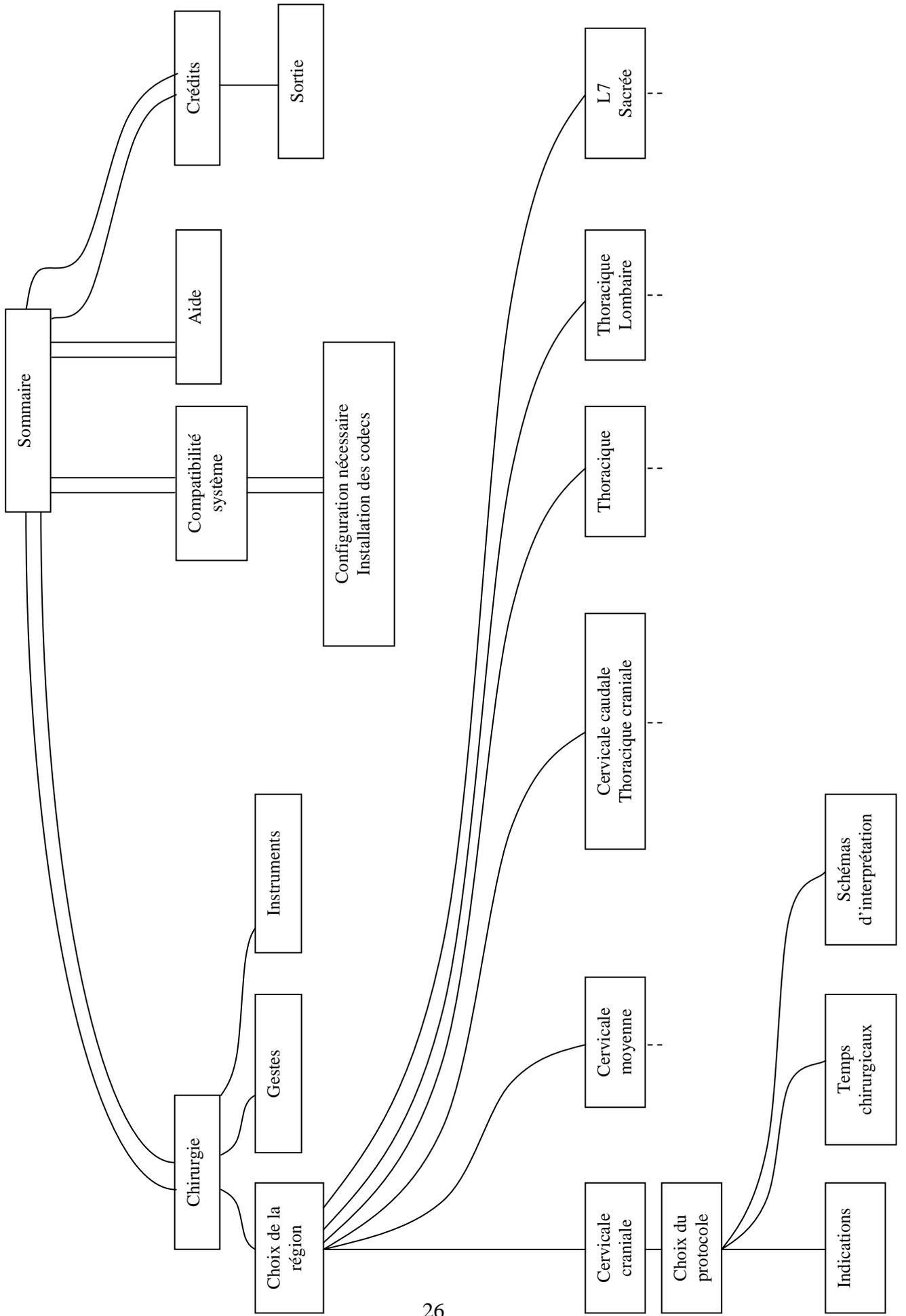
Elle implique la prise en compte de tous les facteurs du travail (physiologiques, psychologiques, sociaux) qu'ils soient objectifs ou subjectifs. Elle apporte aux opérateurs une plus grande efficacité de leur conduite opératoire, une certaine satisfaction et un confort.

Dans le domaine de l'informatique les recherches sur l'interaction homme-ordinateur ont permis de mettre en évidence deux points essentiels :

- L'apparence des écrans a peu d'influence sur les difficultés rencontrées par l'utilisateur car celles-ci découlent plutôt de la structure interne des logiciels
- pour améliorer les qualités ergonomiques d'un logiciel, le « fonctionnement » intellectuel des personnes et leurs habitudes de travail doivent être pris en considération dès les premières phases de la conception.

La période actuelle est marquée par l'émergence d'approches à dominante cognitive visant à traiter plus spécifiquement les dimensions cognitives de l'activité en liaison notamment avec les évolutions

Figure 3: Présentation de l'arborescence du CD-ROM



contemporaines des activités professionnelles. Connaître les processus cognitifs de l'opérateur et sa manière normale de faire le travail s'avère donc essentiel. C'est pour cette raison que la psychologie cognitive (partie de la psychologie qui se rapporte aux processus par lesquels un être vivant acquiert des informations sur son environnement) prend maintenant le pas sur la physiologie. Elle s'appuie sur le modèle du processeur humain défini comme une représentation de l'esprit assimilé à un système de traitement de l'information qui transforme des données de nature physique en informations symboliques.

On distingue 3 types de processeurs, perceptuel (visuel, auditif), cognitif et moteur. La mémoire présente, quant à elle, une hiérarchie, mémoire de travail, mémoire sensorielle (visuelle et auditive), mémoire à court terme, mémoire à long terme, mémoire sémantique et épisodique, mémoire déclarative et procédurale.

Cycle du processeur cognitif : reconnaissance - action

Le processeur visuel transfère l'image apparue à l'écran en mémoire visuelle. La mémoire visuelle conserve cette image au mieux 1 à 3 secondes. Cette image est ainsi analysée par un « filtre cognitif » qui reconnaît l'image et range ce symbole dans la mémoire à court terme. Dans la mémoire à long terme, au symbole est attachée une procédure (recherche associative dans la mémoire à long terme) procédure qui est récupérée et stockée dans la mémoire à court terme.

Le processeur moteur récupère la procédure et l'exécute. Il est possible de distinguer 3 processus importants :

- l'encodage : capter l'information et la transférer vers la mémoire à court terme
- le stockage : créer des représentations en mémoire permanente
- la récupération : retrouver les éléments stockés en mémoire permanente et les rapatrier en mémoire de travail

Les caractéristiques de la mémoire à court terme représentent un des éléments majeurs à considérer pour la conception des interfaces. Elle permet de mémoriser 7 items (± 2 selon individu, fatigue...). Elle regroupe les unités d'information par motifs visuels (lettres, chiffres, mots, formes, taille, couleur, localisation) ou acoustiques et procède à une recherche séquentielle. Elle se vide en 15 à 30 secondes. Ces constatations permettent de déduire certaines caractéristiques des interfaces. Il est nécessaire de limiter les items de menus à 7, d'établir des liens entre éléments (couleurs, format, emplacements) pour faciliter le filtrage cognitif, d'écrire des messages concis et surtout de ne pas présenter d'informations inutiles.

Les cycles des processeurs sensoriel et moteur déterminent le temps de rafraîchissement de l'écran, la vitesse de suivi du curseur d'une souris.

L'expression ergonomie des logiciels ou ergonomie des interfaces hommes-machines (IHM) correspond, selon Meinadier, à « tout ce qui dans un système informatique influence la participation de l'utilisateur à des tâches informatisées ». Elle ne se limite pas aux aspects graphiques, esthétiques (aspects de surface, interface perceptuelle), ni même aux modalités de dialogue, mais elle permet aussi de définir les informations qui interviennent dans chaque phase du dialogue ainsi que la manière dont l'utilisateur est susceptible de les appréhender.

Pour être ergonomique, un logiciel doit répondre à deux critères :

- critère de facilité d'utilisation ou de maniabilité : l'application doit être facile à utiliser, être adaptée aux différents profils d'utilisateurs de la population cible et faciliter l'apprentissage.
- critère d'utilité : l'application doit être en adéquation avec les besoins des utilisateurs.

L'ergonomie doit être envisagée dès le début d'un projet informatique et tout au long du cycle de vie de ce projet. Son champ d'intervention concerne la spécification de l'interface utilisateur et se situe à deux niveaux : au niveau de l'ergonomie « de surface » mais surtout au niveau de l'ergonomie « profonde ».

(1) L'ergonomie de surface

Cette ergonomie est peu dépendante de l'environnement de travail de l'utilisateur. Elle concerne essentiellement la présentation des informations (typographie, couleurs, etc.). Le guide de recommandations ergonomiques proposé dans le paragraphe suivant donne des conseils pour améliorer la conception des interfaces utilisateur. Certains guides sont issus d'organisme comme l'Association française pour la normalisation (AFNOR) ou l'International standard organisation (ISO) qui ont pour objectif la normalisation des recommandations ergonomiques. Les références suivantes peuvent être utilisées pour la conception d'une interface logicielle :

- AFNOR, Normalisation Française Z67-110 Janvier 1988, Traitement de l'information, Ergonomie et conception du dialogue homme-ordinateur. Partie 1 : « Concepts généraux ».
- AFNOR, Normalisation Française Z67-133-1 Décembre 1991, Evaluation des produits logiciels. Partie 1 : « Définition des critères ergonomiques de conception et d'évaluation d'interfaces utilisateurs ».
- International Standard ISO 9241 Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs), ISO/TC 159, Sub-Comittee SC4. Septembre 1994.

C'est en s'appuyant sur ces recommandations et sur les spécificités du projet que doivent être élaborées les normes ergonomiques du programme.

(2) L'ergonomie profonde

L'ergonomie profonde est complètement dépendante du contexte d'utilisation du futur outil. Pour bien le connaître, l'ergonome peut être amené à effectuer une analyse du travail.

b) Recommandations générales pour la conception d'une interface ergonomique

Le rôle de l'ergonomie des interfaces utilisateurs est d'établir la communication entre l'outil et l'opérateur. L'ergonomie conditionne ainsi l'acceptabilité du système par l'utilisateur, la facilité et l'efficacité d'utilisation et surtout la facilité d'apprentissage. Il arrive parfois que ces différents points soient incompatibles cependant il est illusoire d'espérer faire un logiciel ergonomique en faisant abstraction des caractéristiques des futurs utilisateurs et de leur manière de travailler. Toute conception d'interface doit donc placer l'utilisateur au centre de l'étude. Cependant une conception qui se focalise sur la spécificité de l'utilisateur peut néanmoins utiliser complémentirement des repères généraux applicables à l'ergonomie de surface.

(1) L'apparence des fenêtres

La densité de l'affichage

Pour chaque application, il est nécessaire de trouver un équilibre entre la densité des informations affichées dans chaque fenêtre et le nombre de fenêtres.

- une forte densité d'affichage induit des erreurs de la part de l'utilisateur et augmente le temps nécessaire pour localiser une information ;
- une trop grande dilution de l'information dans un nombre important de fenêtres gêne l'utilisateur dans sa perception globale de l'application et de l'arborescence du programme.

La disposition des éléments dans les fenêtres

Les habitudes de travail de l'utilisateur influencent le regroupement des données et leur séquence de présentation. Ainsi il faut tenir compte de la fréquence et de la séquence d'utilisation des informations dans la tâche en cours. Les groupes de données les plus importants selon le critère

retenu (la fréquence d'accès) doivent être disposés vers le haut de la fenêtre. Il est nécessaire d'attribuer un libellé à chaque donnée et à chaque groupe de données. Une séparation des différentes catégories de données par des espaces et éventuellement par des boîtes de groupe permet de distinguer clairement les groupes d'information.

Les éléments textuels

Le vocabulaire employé doit impérativement appartenir au domaine d'activité des utilisateurs. Les termes utilisés sont explicites et non ambigus. Les phrases, dont la structure grammaticale doit être simple et facilement compréhensible par l'opérateur, présentent préférentiellement des formes affirmatives. Les abréviations sont proscrites à l'exception des termes dont la signification est connue de tous (par exemple, SNC pour système nerveux central).

Les éléments graphiques

La typographie

Il est admis que la taille des caractères doit être comprise entre un minimum de 8 points (des caractères de plus petite taille sont quasiment illisibles) et un maximum de 16 points (l'utilisation de caractères de plus grande taille gêne la lisibilité).

Le choix de la police de caractères influence significativement la lisibilité. Il convient d'éviter l'italique. L'utilisation de plus de trois polices de caractères différentes dans une même fenêtre ou sur plusieurs fenêtres affichées simultanément entraîne un sentiment de confusion chez l'utilisateur et de manière générale, il est préférable d'employer une seule police de caractères dans un champ. Toutefois, il peut être intéressant d'utiliser des codages particuliers (police différente, couleur, italique, gras, souligné...) pour mettre en exergue certains éléments tels que des mots clés ou des liens.

La couleur

La couleur peut être employée pour coder visuellement l'information et la replacer dans un contexte particulier. Cependant elle ne doit pas constituer le seul moyen pour communiquer de l'information. D'autres indicateurs tels que les libellés, la forme ou la disposition doivent participer à la différenciation des informations. Enfin le choix des couleurs devrait idéalement prendre en compte les utilisateurs daltoniens ou achromates.

Le principal critère de choix des couleurs demeure la lisibilité des informations affichées.

Certaines associations de couleurs, telles que le rouge avec le bleu, le jaune avec le violet, le jaune avec le vert, doivent être bannies. Pour le fond des fenêtres, il est préférable d'éviter les teintes de rouge et de jaune vif.

L'homogénéité au sein d'une même application et entre différentes applications destinées à un même groupe d'utilisateurs est un élément essentiel du confort visuel. Afin de garantir une certaine harmonie entre différents programmes élaborés par une même structure, il peut être nécessaire de définir une charte graphique. Lorsqu'elles sont clairement définies il convient de respecter les règles d'associations conventionnelles entre la couleur et sa signification. L'utilisation d'un nombre excessif de couleurs (plus de 5 ou 6) dans une même fenêtre ou au sein d'une même application crée une surcharge visuelle et l'utilisateur éprouve alors des difficultés à saisir le rôle joué par la couleur au sein de l'application.

Enfin, s'il est envisagé de mettre à disposition de l'utilisateur des fiches imprimables, il convient de vérifier la lisibilité du document imprimé en noir et blanc et de choisir les couleurs en fonction de ce critère.

Les icônes

Les icônes peuvent assurer deux fonctions :

- aider à l'identification de la nature d'une information qu'ils symbolisent
- représenter une action par une icône associée à un bouton de commande.

Par souci d'homogénéité il est important de conserver pour l'ensemble de l'application une icône représentative d'une action ou d'un concept présent à différents niveaux.

(2) Les principes des systèmes de navigation

La navigation intra-fenêtre

La navigation intra-fenêtre fait référence au déplacement du focus à travers les listes de sélection de la fenêtre. Elle est permise par l'utilisation de la souris qui peut se positionner directement sur un champ. L'utilisation de la touche tabulation associée à une navigation séquentielle n'est ni satisfaisante ni efficace.

Par défaut, le curseur doit être directement positionné sur le champ dont la fréquence d'accès est la plus importante.

Les barres de défilement sont utilisées pour représenter, proportionnellement, au moyen de l'ascenseur, la quantité d'information visualisée par rapport à l'information totale qui peut être affichée dans la fenêtre. Leur utilisation doit être justifiée.

La navigation intra-application (la conversation des fenêtres)

La navigation intra-application fait référence au cheminement de l'utilisateur dans l'application. On peut aussi parler d'enchaînement d'écrans ou de fenêtres.

La conversation libre et la conversation guidée

La conversation libre permet à l'utilisateur de bénéficier d'une grande liberté dans son cheminement à l'intérieur de l'application. Elle offre deux avantages :

- l'utilisateur organise son travail comme il le souhaite (absence de contrainte dans la séquence de réalisation des tâches). Le cheminement s'appuie sur l'expérience de l'utilisateur dans le domaine abordé par le programme et sur ses habitudes de travail.
- il a une vision globale de l'ensemble des possibilités offertes par l'application

La conversation libre présente quelques inconvénients :

- elle ne permet pas de mettre en évidence les tâches importantes qui sont présentées de manière équivalente ;
- un nombre important de fenêtres simultanément affichées à l'écran risque d'entraîner chez l'utilisateur un sentiment de confusion.

Dans le cas de la conversation guidée l'application pilote l'interface. L'utilisateur, s'il est débutant, est complètement assisté dans sa navigation qui propose une séquence de présentation et de réalisation de tâches prédéfinie. Cela permet d'assurer une cohérence dans la navigation. Le principal inconvénient réside dans le manque d'interactivité de l'interface qui ne permet pas à l'utilisateur de profiter de sa propre expérience pour organiser son travail. L'évolution dans l'application est rendue difficile du simple fait de la rigidité du programme. Enfin ce type de navigation peut perturber la perception globale des possibilités du logiciel.

En conclusion, le mode de conversation libre est plutôt adapté aux utilisateurs expérimentés et le mode de conversation guidé doit être réservé aux novices.

Le mode retenu pour le CDROM est un mode hybride. L'utilisateur peut choisir d'étudier un élément particulier du CDROM. Pour les novices, la cohérence du cheminement dans l'application est assurée par une disposition chronologique des éléments qui respecte l'arborescence du CDROM.

Le nombre de fenêtres

La densité de l'affichage est un élément essentiel à considérer. Il est nécessaire de trouver un compromis entre, d'une part, le désir de présenter toutes les informations nécessaires à l'utilisateur et d'autre part, la nécessité de présenter une fenêtre lisible.

La profondeur de l'application ne doit pas excéder trois niveaux car, au-delà de ce seuil, peuvent apparaître des sentiments de confusion et de complexité.

(3) Le choix des actions de l'application

Le libellé des actions

La représentation de toute action doit être assurée par un libellé compréhensible et connu de l'utilisateur. Il doit désigner la même action tout au long de l'application. Il est préférable de la désigner par un verbe à l'infinitif dont l'initiale est en capitale. Les libellés trop longs, souvent peu lisibles, sont à proscrire.

Le retour arrière

Si l'utilisateur effectue une action par erreur ou déclenche une action dont le traitement peut être long, il doit pouvoir retourner à l'état précédant le déclenchement.

Les menus et leurs options

Les menus présentent la liste des commandes disponibles à l'utilisateur.

Il existe plusieurs types de menus, tels que les menus déroulants, les menus en cascade, les menus contextuels.

Il semble intéressant de proposer au minimum deux menus indépendamment du menu système.

Les actions doivent être groupées ou hiérarchisées. L'association d'un raccourci clavier pour chaque menu peut permettre de faciliter l'accès aux informations. Si le système de menu implique l'utilisation d'une barre de menu, les menus proposés ne doivent pas être des actions directes mais doivent donner accès à des menus déroulants.

Pour faciliter la lisibilité les libellés, des options de menu peuvent être composées de plusieurs mots mais pas plus de 4 (article compris).

Le regroupement des options et leur classement s'appuient sur des critères définis à partir de la logique de l'utilisateur (par exemple : fréquence d'utilisation, ordre d'utilisation).

(Numéroter les options ne semble pas indispensable sauf si cela apporte un renseignement sur la chronologie de la navigation dans le cadre d'une conversation guidée.)

Il est préférable d'afficher le menu contextuel à côté de l'objet auquel il est associé et sur lequel le curseur est positionné lorsque l'utilisateur clique sur la souris. L'objet ne doit pas être recouvert par le menu contextuel.

De plus le menu contextuel doit disparaître lorsque l'utilisateur choisit une action du menu contextuel, sélectionne un autre objet, actionne la touche < Echappement >.

Les boutons de commande

Les boutons déclenchent des actions ou modifient des propriétés.

La présentation des boutons de commande

La représentation des boutons de commande doit correspondre à un rectangle. Cette dimension, identique pour l'ensemble des boutons du dialogue ou à défaut pour les boutons d'un même groupe, doit être raisonnable. Les boutons de même nature fonctionnelle doivent être regroupés et se distinguent des autres boutons par un écart plus important. Il est préférable de disposer les commandes en bas de la fenêtre ou dans une colonne à droite. Une fois choisie, cette disposition doit être conservée pour l'ensemble de l'application. Si la fenêtre contient une barre de défilement horizontal, les boutons de commande doivent toujours rester visibles.

Par convention la disposition des boutons <OK >, <Annuler > et <Aide > se fait de gauche à droite.

Le choix des boutons de commande

En association avec les boutons spécifiques à l'application, il est conseillé d'utiliser les boutons de commande prédéfinis. Les principaux boutons de commande prédéfinis sont présentés ci-dessous par ordre alphabétique :

<Aide> : permet l'accès à l'aide contextuelle rapide

<Annuler> : permet d'annuler le dialogue en cours, le système doit émettre une demande de confirmation dans certain cas (Par exemple : « Voulez-vous quitter le programme? »).

<Arrêter> : permet d'arrêter l'action en cours de façon définitive.

<Fermer> : permet de fermer l'objet courant. Il convient d'éviter dans la mesure du possible l'utilisation des commandes <Fermer> et <Annuler> dans la même fenêtre parce que ces deux termes ont tendance à être équivalents pour l'utilisateur.

<Imprimer> : permet d'imprimer les objets sélectionnés sur l'imprimante par défaut.

<OK> : permet de confirmer une action. Lorsque cette commande est activée la boîte de dialogue se ferme. Il est cependant conseillé d'éviter l'emploi de cette commande pour répondre à une question, il est préférable d'utiliser les boutons <Oui> et <Non>.

<Oui> : dans une boîte de dialogue, permet de donner une réponse affirmative à une question.

<Non> : dans une boîte de dialogue, permet de donner une réponse négative à une question.

<Recommencer> Tente d'appliquer à nouveau la dernière action demandée. Peut être utilisée par exemple dans le cas d'une erreur dans le dialogue, comme lorsque l'utilisateur demande accès à un serveur vide et doit insérer une disquette dans le lecteur.

(4) Les actions du système

Les messages

Une boîte de message doit contenir les éléments suivants :

- une barre de titre : indique l'origine du message,
- une icône : permet d'identifier rapidement et visuellement le type de message (à gauche du texte),
- le texte du message : explique brièvement la situation ou pose une question à l'utilisateur,
- des boutons de commande spécifiques au type de message : permettent à l'utilisateur de répondre.

La rédaction du texte du message implique l'emploi de termes issus du domaine de l'utilisateur.

Il est conseillé de décrire la cause du message et de proposer des possibilités ou des actions à l'utilisateur. L'aide contextuelle peut être une de ces alternatives.

Il convient d'utiliser pour le texte du message un style concis, non vexatoire. Il est préférable d'éviter les termes tels que « faute », « mauvaise manipulation » ou « illégal ».

Les messages de confirmation sont indispensables pour les opérations irréversibles. Présentés sous forme de question, ils n'offrent que deux alternatives : <Arrêter> ou <Continuer> (ou <Annuler>), ou éventuellement <Oui> ou <Non>.

Le curseur/pointeur

Il convient d'employer des symboles dont la signification est reconnue par un grand nombre d'utilisateurs :

- Pour des attentes supérieures à 1 seconde, la forme du curseur doit être modifiée.
- Le sablier doit être utilisé dès qu'une action est lancée et qu'aucune autre action ne peut être lancée dans l'application.
- Le symbole curseur + sablier doit être utilisé lorsqu'une action est lancée et qu'une autre action peut être réalisée dans l'application.

Ces modifications doivent se limiter à la fenêtre active directement liée à la tâche en cours. A l'extérieur de cette fenêtre, le curseur doit reprendre sa forme normale. Le tableau 4 reprend les principales recommandations des changements de forme du curseur.

Tableau 4 : Recommandations des associations entre la forme du curseur et les actions

Forme du curseur	Action	Utilisation
Flèche	Pointe, sélectionne et déplace	Positionnable sur la plupart des objets
Tiret vertical	Sélectionne du texte	Positionnable sur du texte uniquement
Sablier	Indique qu'un traitement est en cours	Positionnable sur tous les objets
Loupe	Agrandit l'affichage	Positionnable sur la plupart des objets
Flèche double pointe avec trait vertical	Redimensionne une fenêtre verticalement	Positionnable sur le bord d'une fenêtre
Flèche double pointe avec trait horizontal	Redimensionne une fenêtre horizontalement	Positionnable sur le bord d'une fenêtre
Flèche double pointe avec trait diagonal	Redimensionne une fenêtre en diagonale	Positionnable sur l'angle d'une fenêtre
Flèche verticale double traits double pointes	Redimensionne une colonne	Positionnable sur les séparateurs de colonne
Flèche horizontale double traits double pointes	Redimensionne une colonne	Positionnable sur les séparateurs de lignes

Les temps de réponse

La durée d'une action influence la perception de la réactivité du programme.

Au delà de 0,1 seconde, l'utilisateur peut avoir l'impression que le système ne réagit pas de manière instantanée à l'action qu'il vient d'effectuer. Au delà d'une seconde, l'utilisateur a l'impression de ne plus contrôler le système. Au delà de 10 secondes, l'utilisateur n'est plus attentif à l'interaction en cours. Dans ce cas de figure, il est indispensable d'afficher un retour visuel sous la forme d'un indicateur de progression. Il a pour fonction d'informer visuellement sur temps écoulé en utilisant par exemple un sablier ou une barre horizontale dont le remplissage est progressif. Cette dernière présentation doit être réservée aux attentes relativement longues, supérieures à 6 secondes. Le remplissage de l'indicateur doit être proportionnel à l'avancement de l'action et peut être accompagné d'une indication du pourcentage de progression ou du temps écoulé. Il est important de préciser la raison du temps de réponse du système, cela permet de rendre l'attente plus acceptable. Des boutons d'action <Annuler> ou <Arrêter> doivent permettre l'interruption du processus en cours et la restitution du contrôle du programme.

Le signal sonore

L'utilisation du signal sonore permet de confirmer une action. Par souci de cohérence, l'association d'un signal sonore avec un événement doit être identique tout au long de l'application. L'environnement sonore ne doit pas être surchargé et il doit être possible de le supprimer.

Le signal sonore peut être utilisé :

- lorsque l'utilisateur tente d'effectuer une action interdite ou impossible ;
- associé à l'affichage d'une fenêtre de message d'avertissement ou d'action ;
- à la fin de l'attente de l'achèvement d'une tâche de longue durée, représentée par un indicateur de progression.

(5) L'aide en ligne

L'aide en ligne est un outil particulier des éléments d'accompagnement offerts avec l'application

Elle se compose :

- d'une aide systématique,
- d'une aide à l'initiative de l'utilisateur (n'apparaît que lorsque celui-ci la sollicite).

La qualité des aides systématiques est un facteur primordial dans l'apprentissage et le confort d'utilisation d'une application. L'aide systématique n'interrompt pas le déroulement de la tâche et donc ne vient pas perturber l'utilisateur. Elle se présente sous deux formes :

- l'aide implicite,
- l'aide explicite.

L'aide implicite s'obtient par une bonne ergonomie de l'application. Elle dépend donc du respect des recommandations précédemment proposées.

L'aide explicite dépend de la clarté des messages employés. Il convient de respecter les recommandations décrites dans la partie « Les actions du système ».

Les aides à l'initiative de l'utilisateur se composent de trois parties :

- l'aide à la saisie,
- l'aide contextuelle rapide,
- l'aide générale (seul système retenu pour notre CDROM).

L'aide à la saisie se présente sous la forme d'une boîte à liste déroulante dans laquelle l'utilisateur saisit une valeur directement au clavier ou sélectionne l'une des valeurs proposées dans la liste.

L'aide contextuelle permet d'accéder rapidement à une information sans interrompre la navigation. Il est recommandé de faire apparaître le texte lorsque le curseur est sur le champ auquel il est associé et de le faire disparaître automatiquement dès que le curseur se déplace.

L'aide générale correspond à une partie spécifique du programme. Elle aborde les sujets généraux dont la compréhension peut présenter des difficultés. De manière générale, quelque soit l'ergonomie du logiciel, il ne semble pas inutile de rappeler le mode de fonctionnement du système de navigation et le rôle des différents éléments de l'interface graphique. L'utilisateur doit alors y accéder de préférence avant de commencer à exploiter le logiciel.

B. Recrutement des cas

Après avoir déterminé les voies d'abord à illustrer (11 protocoles) et défini l'arborescence du logiciel, il a été nécessaire de rédiger les fiches techniques spécifiques dont l'objectif était de présenter les principales indications, d'identifier les différents temps chirurgicaux et d'en résumer de manière concise les étapes essentielles.

Les voies d'abord retenues sont :

- l'abord ventral des 1^{ère} et 2^{ème} vertèbres cervicales (13, 17)
- l'abord dorsal des 1^{re} et 2^{ème} vertèbres cervicales (13, 17)
- l'abord ventral des vertèbres cervicales et des disques intervertébraux 2 à 7 (13, 17)
- l'abord dorsal de la partie moyenne de la colonne cervicale (13, 17)
- l'abord dorsal des vertèbres cervicales caudales et thoraciques crânielles (13)
- l'abord latéral des vertèbres cervicales caudales (10, 11)
- l'abord dorsal des disques intervertébraux thoraciques et lombaires (13, 17)
- l'abord latéral des disques intervertébraux thoracolombaires (13, 17)
- l'abord dorsal de la 7^{ème} vertèbre lombaire et du sacrum (13, 17)
- l'abord dorsal des vertèbres coccygiennes (13)

Le professeur Moissonnier a procédé à la vérification et à la correction des données recueillies pour chaque voie d'abord (annexes) afin d'en garantir l'exactitude.

1. Le recrutement des cas de pathologie chirurgicale

La fréquence relativement faible des affections touchant la moelle épinière impose la participation d'une structure hospitalière d'envergure capable de drainer un nombre de cas important. Les cas ont été sélectionnés parmi les animaux présentés en consultation de chirurgie à l'École Nationale Vétérinaire d'Alfort. Ont été exclus les animaux dont la taille ou la conformation ne permettait pas une visualisation satisfaisante du site d'intervention et des structures anatomiques.

Il est important de rappeler que le support pédagogique destinés aux praticiens se devait d'être représentatif de leur activité et donc de présenter en priorité les abord les plus couramment utilisés. Or les cas présentés en consultation sont souvent des animaux référés par des confrères qui n'ont pas la possibilité de pratiquer l'intervention nécessaire.

Nous avons été confrontés à des difficultés de recrutement de cas de pathologies rachidiennes pour deux raisons :

- certaines interventions fréquemment pratiquées à l'extérieur s'effectuent rarement à l'ENVA (par exemple, stabilisation de l'articulation atlanto-axiale)
- certaines interventions sont extrêmement rares (abord thoracique crânial).

Il nous est apparu indispensable de présenter un outil pédagogique complet. Nous avons donc été amenés à utiliser des cadavres d'animaux afin d'illustrer les éléments manquants.

2. Utilisation de pièces anatomiques

Le service d'anatomie de l'ENVA utilise régulièrement des cadavres d'animaux comme support pédagogique. Les corps subissent une préparation qui nécessite plusieurs étapes (5):

- la conservation des pièces anatomiques est permise par l'injection de formol et de glycérol
- la mise en évidence des éléments vasculaires est assurée par l'injection sous pression dans le système artériel d'une préparation de latex rouge et dans le système veineux d'une solution de latex bleu. Cette ultime étape se heurte actuellement à un problème non résolu : la présence de valvules gêne la progression du latex qui, sous la pression, provoque parfois l'éclatement des veines.
- le stockage des animaux s'effectue dans des chambres réfrigérées.

Cependant les altérations consécutives à cette préparation provoquent des modifications de couleurs et de texture des tissus incompatibles avec une bonne visualisation des structures et des gestes. Ceci nous a amené à utiliser des cadavres provenant d'animaux euthanasiés peu de temps avant les prises de vue.

C. Acquisition des éléments multimédias

1. Acquisition des photographies

a) L'obtention de prises de vue de qualité (4)

L'obtention de clichés de qualité nécessite l'analyse de facteurs pouvant influencer sur la perception des éléments présents sur la photographie. Les propriétés de la luminosité ainsi que la disposition des sujets sur la photographie doivent être pris en compte avant toute prise de vue.

(1) La lumière

L'objectif est l'obtention de clichés photographiques qui reproduisent le plus fidèlement les couleurs et les reliefs des structures anatomiques. L'étude des différentes sources de lumière permet d'adapter les filtres nécessaires à la conservation des propriétés chromatiques des structures photographiées.

Les sources primaires sont caractérisées par une émission multidirectionnelle et directe de la lumière. Il est possible de distinguer deux catégories de sources primaires :

Les sources chaudes

Les sources « chaudes » artificielles, telles que les lampes des scialytiques, résultent de l'élévation de température d'un corps porté à incandescence par le passage du courant. Elles peuvent conférer aux clichés une teinte jaune orangée et perturber la perception de couleurs originelles. Il est possible de limiter ces effets en équilibrant la balance de blancs ou en retouchant la photographie. L'analyse spectrale de ces sources révèle la présence de l'ensemble des radiations du spectre visible ainsi que des radiations infrarouges. Le rendement lumineux relativement faible s'explique par une restitution sous forme de chaleur de près de 75% de l'énergie consommée. L'étude des sources lumineuses fait donc apparaître la notion de température de la lumière exprimée en degrés Kelvin et mesurable à l'aide d'un thermocolorimètre. Afin de respecter les couleurs des structures, la balance des blancs a été réglée systématiquement avant chaque série de prise de vue.

Les sources froides.

L'émission de lumière produite par les sources froides résulte de l'excitation d'un gaz à l'origine d'un dégagement d'énergie sous forme de lumière. L'analyse spectrale montre une émission par bandes de radiations plus ou moins larges, plus ou moins rapprochées. Le spectre discontinu ainsi produit ne confère pas à la lumière une température de couleur propre. Cependant certaines sources froides, notamment les flashes électroniques, peuvent être assimilées à des sources à spectre continu car elles possèdent un spectre resserré.

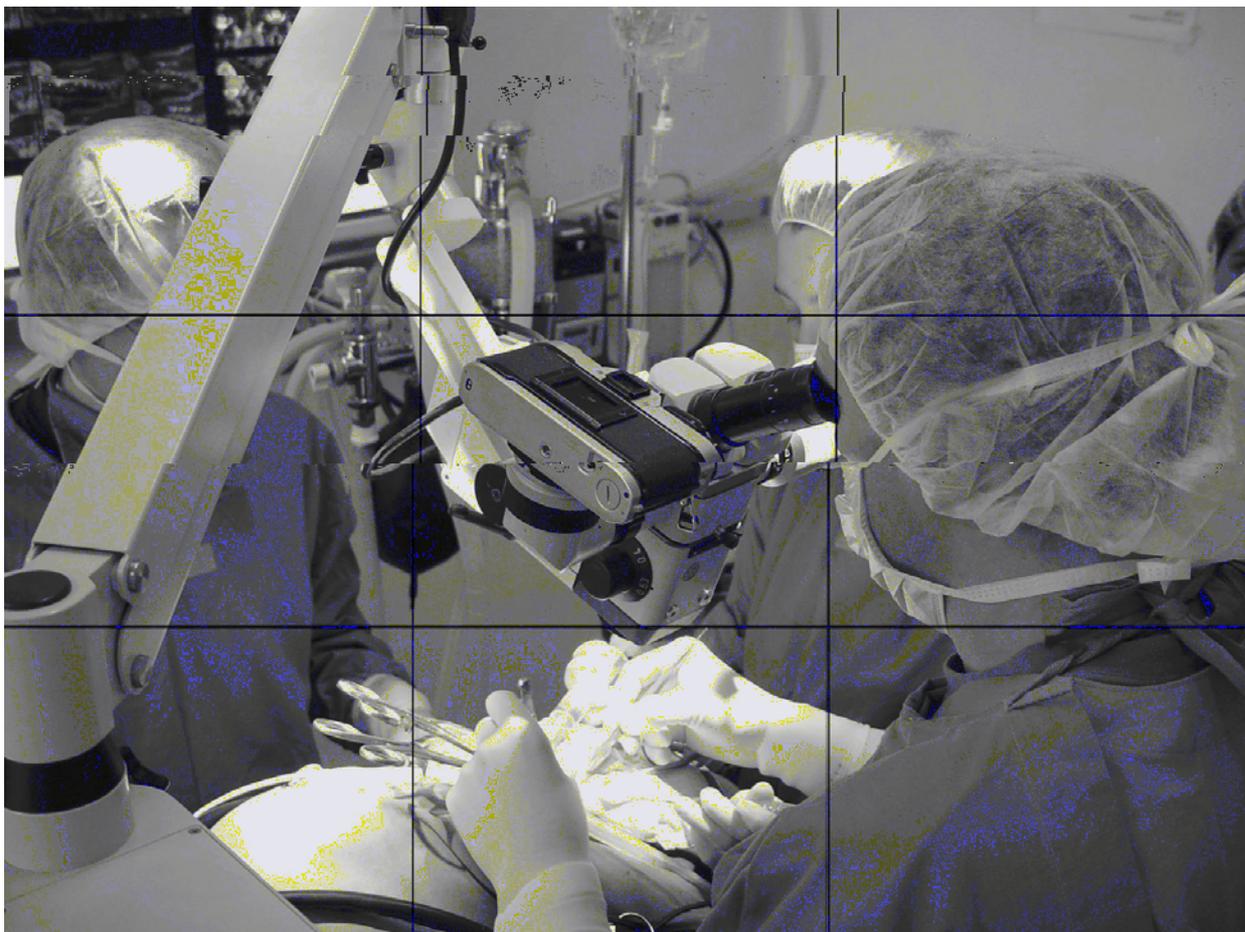
La direction de la lumière

La position de l'éclairage scialytique pendant les prises de vue chirurgicales impose un éclairage zénithal. La principale conséquence de cette disposition est l'obtention de photographies sans relief, avec des ombres courtes et extrêmement foncées. Aucune correction n'est alors envisageable.

(2) Le cadrage et la composition

La composition est l'un des premiers facteurs de réussite des prises de vue et mérite donc de ce fait une considération approfondie. Elle détermine les sujets mis en valeur sur la photographie et l'équilibre des éléments présents. Malgré la nécessité de se préserver de toute contrainte de travail, il convient de garder en mémoire deux règles essentielles. La règle de l'unité indique qu'en présence de plusieurs sujets il est indispensable de définir un sujet principal et des sujets secondaires.

Figure 4 : Illustration de la règle des tiers



La règle des tiers, illustrée par la figure 4, permet de déterminer la localisation des différents sujets sur le cliché. La perception des éléments d'une photographie est renforcée sur des zones appelées « lignes fortes » qui divisent l'image verticalement et horizontalement en trois parties égales. Les intersections de ces lignes, appelées « points forts », correspondent à la zone de perception principale dans laquelle les éléments sont mis en valeur.

Cependant, dans le cas particulier des illustrations du CD-ROM, deux considérations nous ont amené à positionner les éléments principaux au centre des photographies :

- la mise au point automatique en mode macrophotographie s'effectue au centre de l'image,
- les recommandations relatives à l'ergonomie du logiciel imposent d'éliminer les informations superflues.

(3) La macrophotographie

La photographie en mode macro permet d'obtenir des images de structures de petite taille. Elle présente cependant plusieurs inconvénients :

- tout mouvement se traduit inexorablement par un flou cinétique important
- les systèmes optiques utilisés créent systématiquement une distorsion de l'image sur les côtés
- la profondeur de champ, très étroite comme le montre la figure 5, impose de choisir précisément la formation à mettre en valeur.

Figure 5 : Illustration de la faible profondeur de champ en mode macrophotographie



b) Le format numérique retenu pour la conservation des photographies (6)

Les fichiers numériques se distinguent par leur format qu'il est possible d'identifier grâce à l'extension du nom du fichier. Il existe environ 70 formats de fichiers pour les images bitmap. L'utilisation d'images en haute résolution avec un échantillonnage de couleur élevé crée des fichiers présentant une quantité importante d'informations et impose l'emploi du mode de compression tel que le format JPEG. La norme de compression JPEG (Joint Photographic Experts Group), norme ISO 10918-1 parties 1, 2 et 3 (indice de classement AFNOR NF Z 75-001), résulte de la réflexion d'un groupe d'experts de la photographie. Elle est caractérisée par un format de restitution avec une légère perte de qualité et surtout un taux de compression exceptionnel (20 :1 à 25 :1 sans pertes notables). Comme tout mode de compression ce format exclut les éléments non perceptibles par l'œil humain. Cette élimination s'effectue en 3 étapes :

- un ré-échantillonnage de la chrominance. L'œil humain ne peut discerner de différence de chrominance au sein d'un carré de 2x2 points.

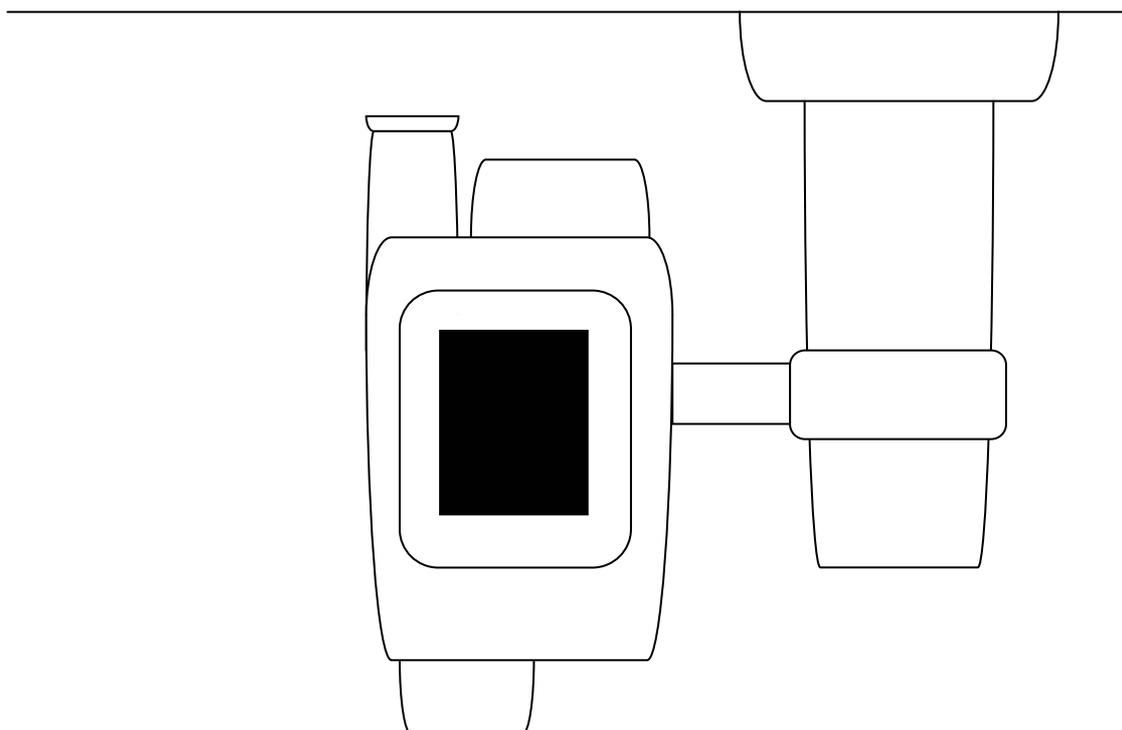
- un découpage de l'image en blocs de 8x8 points suivi de l'application de la fonction DCT (Discrete Cosinus Transform) qui décompose l'image en somme de fréquences.
- une analyse qualitative de chaque bloc permettant d'estimer un coefficient de perte proportionnel au ratio taille/qualité et appliqué à la fonction DCT

c) Les réglages de l'appareil photographique

Tableau 5 : Présentation des principaux réglages de l'appareil photographique numérique

Réglages des prises de vue	Mise au point	Mode automatique ou manuel
	Rapidité de film (ISO)	Mode automatique généralement réglé sur 100
	Exposition	Mode automatique ou réglée à -1.0 EV
	Balance des blancs	Réglage automatique dans les conditions de prises de vue (éclairage scialytique ou en mode « IN DOOR »)
	Vitesse d'obturation	Mode automatique
	Ouverture	Mode automatique ou valeurs élevées (permet d'obtenir une grande profondeur de champ)
	Mode de prise de vue	Mode standard ou macro (photographies des détails des structures anatomiques)
	Zoom	Mode optique, le mode numérique est exclu car il peut être à l'origine d'un flou
Format des photographies	Mode de compression	JPEG
	Taille d'image	2560x1920
	Qualité	Fine

Figure 6 : Dispositif de fixation de la caméra DV sur le scialytique



2. Acquisition des films

a) La technique de prise de vue

Les caractéristiques de la luminosité, décrites précédemment, s'exploitent de manière identique lors des prises de vue vidéo.

Les séquences de films ont été cadrées en prenant en considérations 2 obligations :

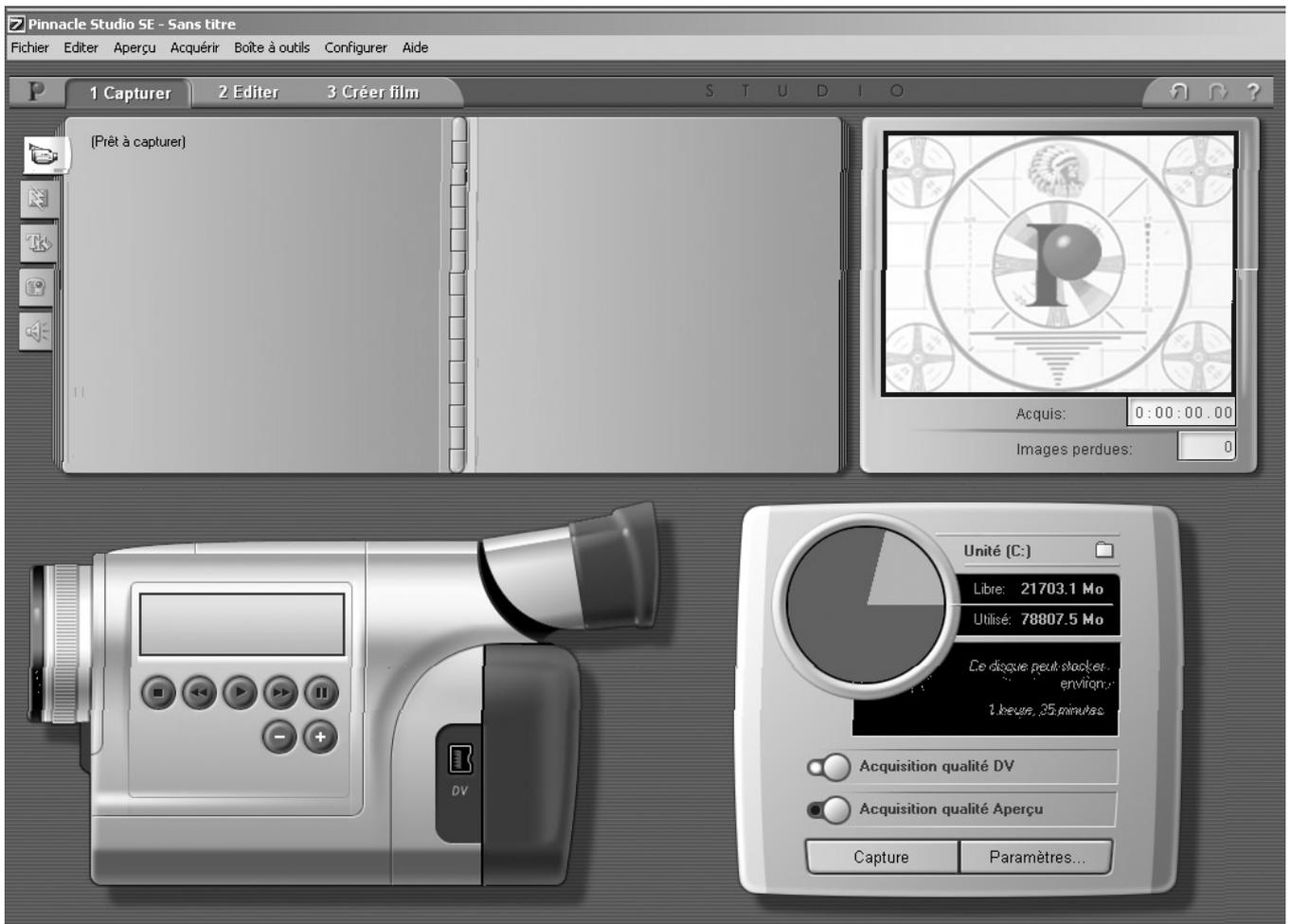
- Les prises de vue se devaient de reproduire le champ de vision du chirurgien,
- les éléments non informatifs devaient être exclus du champ de la caméra.

Ces impératifs nous ont amené à élaborer un dispositif de fixation, illustré par la figure 6, permettant d'effectuer des prises de vue dans une position fixe, dans l'axe de vision du chirurgien et sans provoquer de gênes importantes. La caméra DV a été positionnée sur la poignée d'un scialytique par l'intermédiaire d'une bague de serrage.

b) Le transfert et la conservation des données (6)

Le données, conservées sur des cassettes au format DV, ont été transférées sur le disque dur par l'intermédiaire de la carte d'acquisition IEEE-1394 pilotée par le logiciel Studio DV. Le format DV (Digital Vidéo) correspond à un format vidéo digitale développé par le HD Digital VCR Consortium en 1993. Ce format utilise certains éléments du standard JPEG pour le codage de la vidéo. La compression DV ne joue que sur les redondances spatiales à l'intérieur de l'image

Figure 7 : Interface du logiciel d'acquisition vidéo Studio DV



complète. Les redondances temporelles ne sont pas exploitées comme le font d'autres formats de compression. Elle utilise un facteur de compression de 5:1 et permet donc d'obtenir une excellente qualité d'image en première génération.

Le logiciel d'acquisition utilisé, Pinnacle studio DV, a permis de récupérer et de stocker les vidéos des chirurgies. Ainsi que le montre la figure 7, son interface prévoit un système de commande du caméscope DV. Bien que cette option soit favorable à un montage non linéaire, nous avons opté pour une acquisition en continu des films afin d'éviter l'élimination de séquences essentielles.

3. La numérisation des schémas

La numérisation peut être définie comme la codification numérique des intensités lumineuses et de la colorimétrie d'un document. Les images bitmap sont constituées d'une grille de points appelés pixels (acronyme de PICTURE ELEMENT).

Chaque pixel peut être codé :

- sur un bit pour une image en noir et blanc ;
- sur 8 bits pour une image en niveaux de gris (mode retenu pour scanner les schémas en noir et blanc) ;
- sur 24 bits ou plus pour une image en couleurs.

La numérisation est rendue possible grâce aux capteurs du scanner sensibles à la lumière rediffusée par les couleurs des documents. Ces capteurs, appelés capteurs CCD (Charge Coupled Device), sont composés de photodiodes dont la conductivité électrique dépend de l'intensité lumineuse.

D. Traitement des éléments multimédias

1. Traitement des photographies et des schémas (1, 8)

Le logiciel Photoshop, référence dans le domaine de la retouche d'images, a été utilisé pour le traitement des photographies.

a) Traitement des schémas

La numérisation des schémas en 256 niveaux de gris est souvent à l'origine d'image dont les plages blanches apparaissent grisées. Les principales manipulations sur ces illustrations ont consisté en l'élimination des plages grisées et des artéfacts de poussière.

Les images ont été converties au mode « bichromie » puis les éléments superflus tels que les artéfacts, certaines légendes et les traits qui leur étaient associés ont été éliminés grâce à l'utilisation de la gomme. La figure 8 montre le chemin d'accès aux options et les effets des transformations utilisées.

b) Traitement des photographies numériques

Les photographies numériques obtenues en lumière artificielles présentaient souvent des couleurs qui ne respectaient pas fidèlement les propriétés chromatiques de la scène photographiée. Il a souvent été nécessaire de modifier la saturation des couleurs, les niveaux, le contraste et la luminosité. Le redimensionnement de l'image après cadrage constituait l'étape finale.

(1) Les modifications des propriétés chromatiques.

La saturation excessive des couleurs, notamment du rouge, représentait le défaut majoritairement rencontré. La saturation peut être définie comme la pureté relative d'une teinte. L'ajustement de désaturation, employé pour corriger cet artéfact, a permis de diminuer l'intensité d'une teinte. Cette commande est accessible dans le menu « Image>Réglages>Teinte/saturation ».

La figure 9 montre le chemin d'accès aux options de modifications des propriétés chromatiques des photographies et le principe des modifications des niveaux.

Les ajustements de contraste et de luminosité, accessibles par le menu « Image>Réglages>Luminosité/contraste », ont parfois été utilisés en mode automatique.

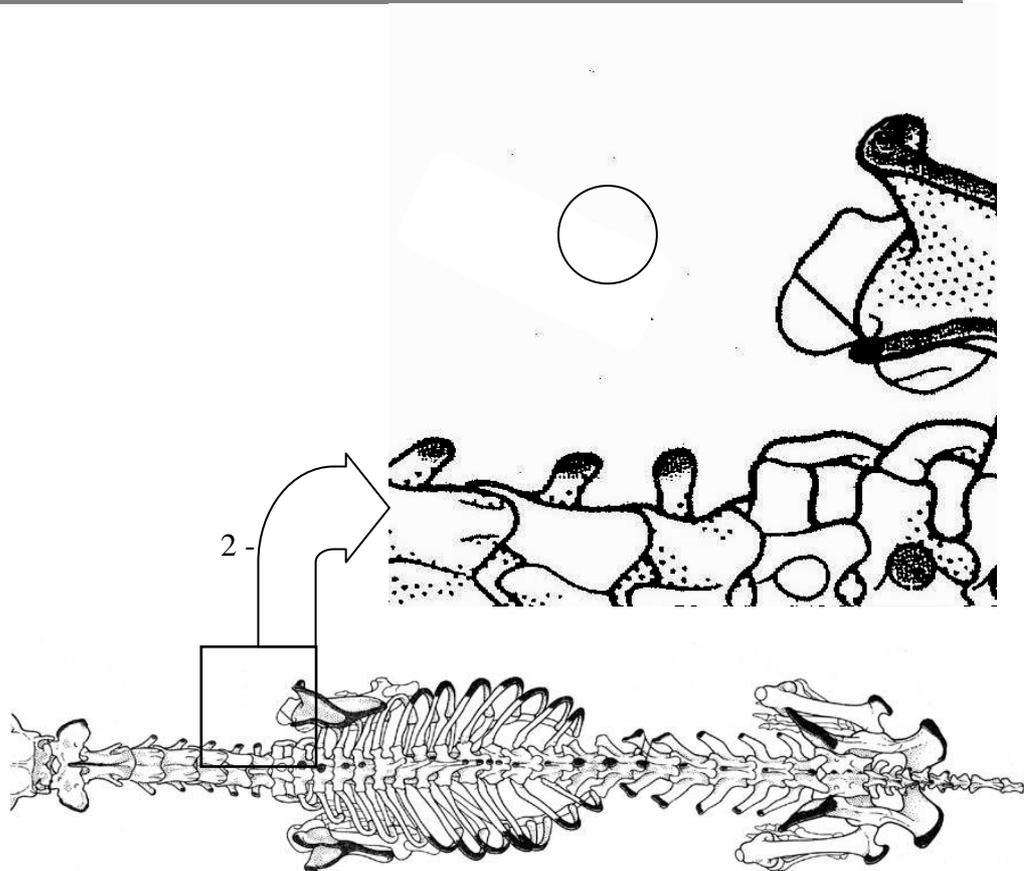
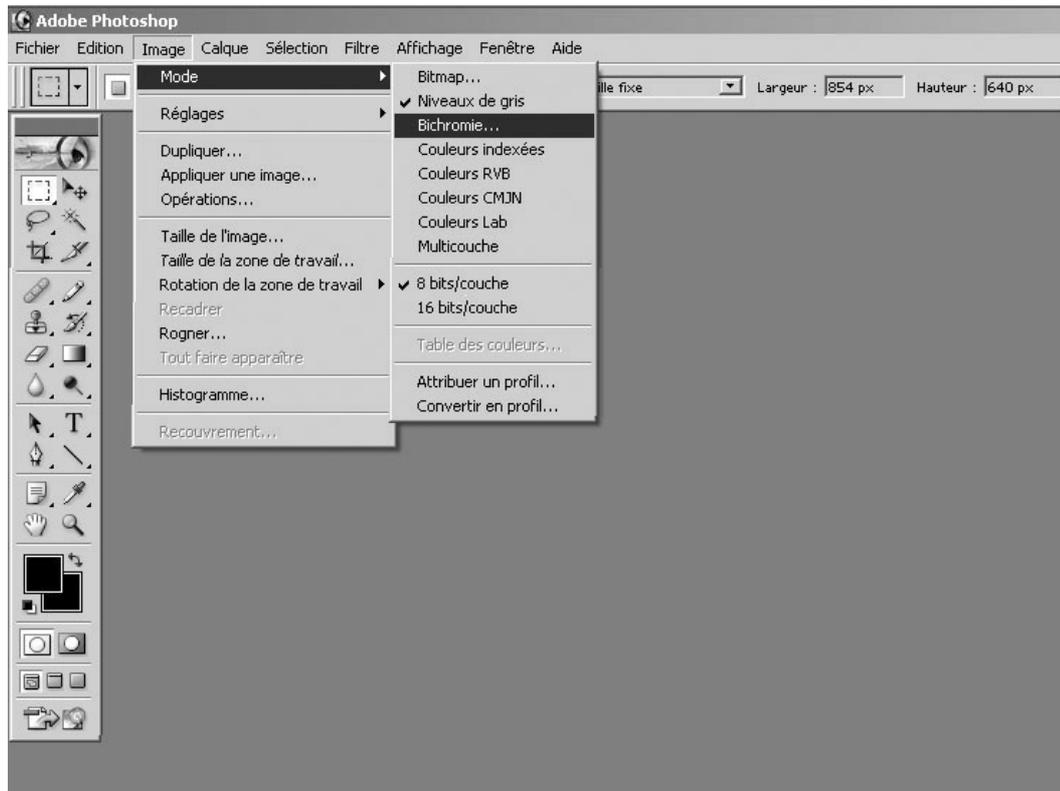
Cependant les résultats obtenus, souvent non satisfaisants, nous ont conduit à intervenir sur les niveaux. La commande de correction des niveaux, accessible dans le menu « Image>Réglages>Niveaux », fait apparaître un histogramme représentatif des niveaux lumineux d'une image. Une image équilibrée présente en principe un histogramme uniforme représentatif d'une gamme complète de tons. Ainsi une amélioration très nette des propriétés visuelles des photographies a été obtenue en modifiant la répartition des tons par un ajustement des limites de l'histogramme des niveaux.

Figure 8 : Traitement des schémas par le logiciel Photoshop

1- Passage au mode bichrome

2- Suppression des artéfacts

1 -



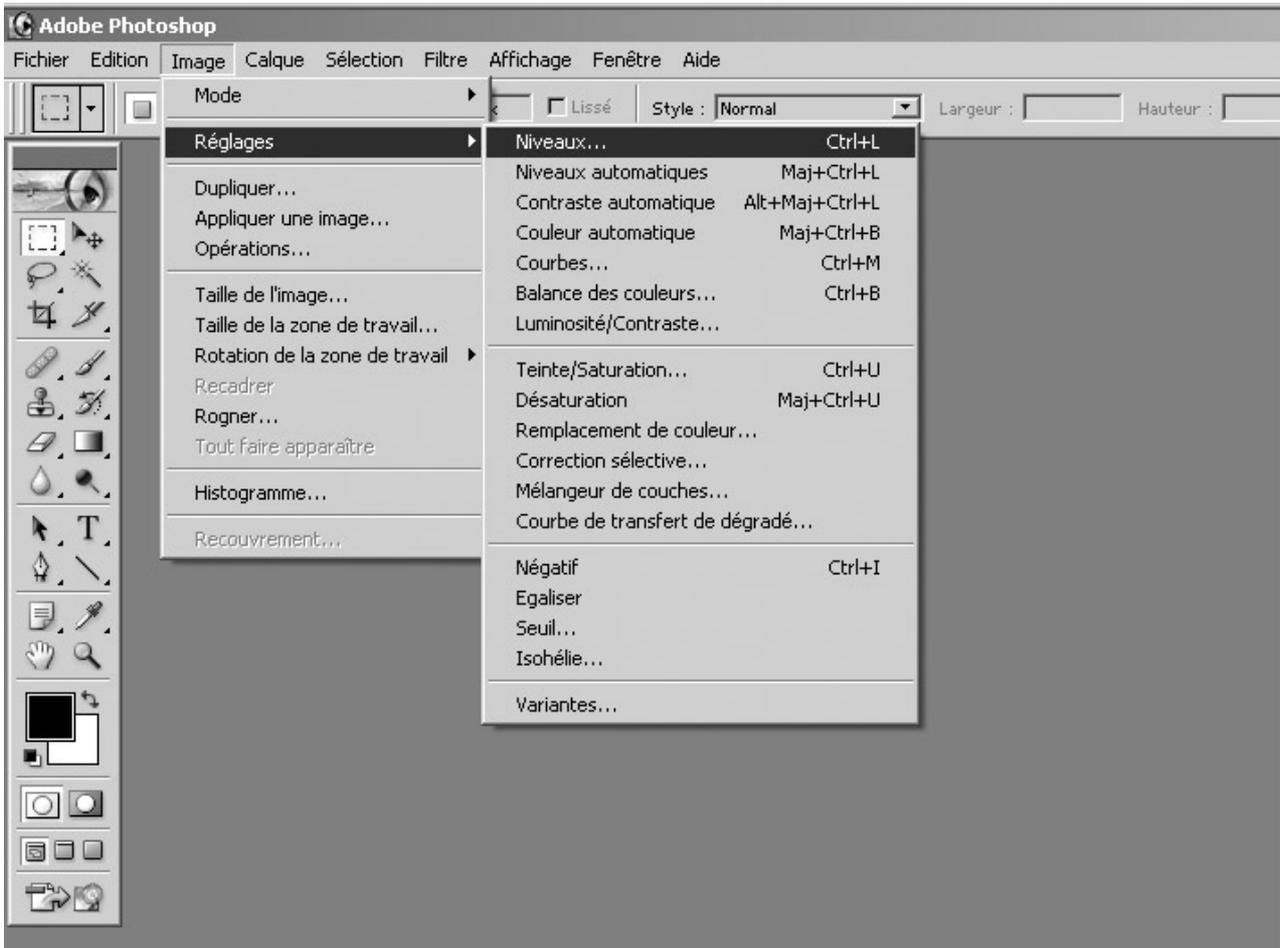
(2) Cadrage et modification de la dimension des images

La disposition des illustrations (images et films) dans l'interface a imposé l'utilisation d'un standard de taille de 640x480. Les photographies numériques initiales présentaient une taille de 2560x1920 et ont donc nécessité un ajustement de leur dimension.

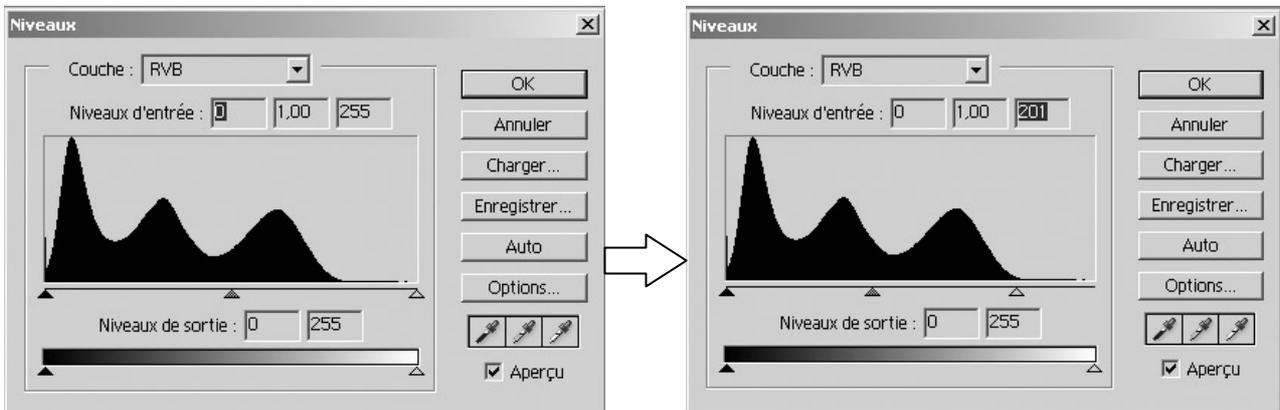
Figure 9 : Traitement des photographies par le logiciel Photoshop

- 1 – Application des commandes de contraste, luminosité et de couleurs automatiques
- 2- Paramétrage des niveaux

1 –



2 –



2. Traitement des vidéos

Nous avons opté pour une acquisition linéaire des vidéos des interventions chirurgicales afin de ne pas éliminer de séquences importantes.

Les fichiers ainsi obtenus présentaient un excellente qualité vidéo avec cependant de nombreux inconvénients qui les rendaient inexploitablement directement :

- La taille des fichiers était incompatible avec les impératifs en rapport avec la capacité et le débit du CD ROM.
- Les prises de vue présentaient des défauts de cadrage, de contraste, de luminosité et de couleur.
- L'artefact d'entrelacement gênait la visualisation des éléments en mouvement.

L'amélioration des séquences vidéo a été permise par l'utilisation d'un logiciel de montage gratuit, convivial et puissant : VirtualDub.

Figure 10 : Accès à la commande de filtres du logiciel VirtualDub

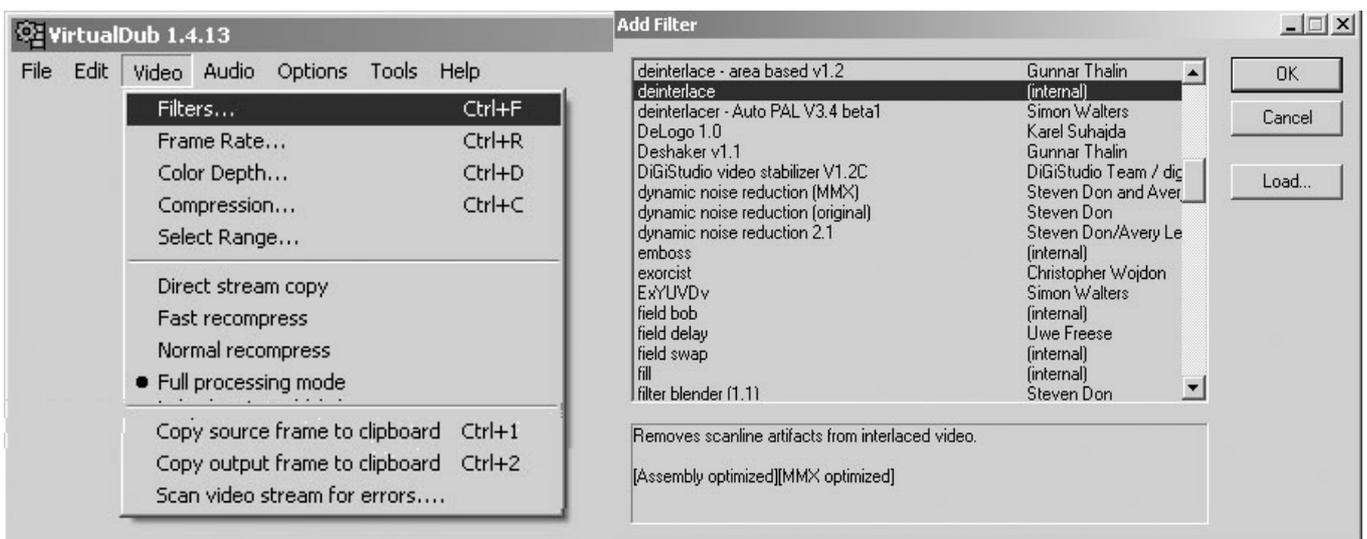
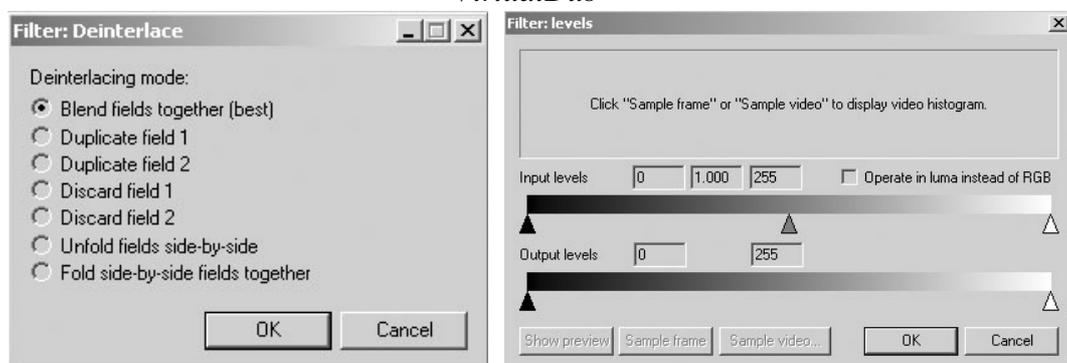


Figure 11 : Paramétrage des filtres de désentrelacement et niveaux du logiciel VirtualDub



a) Choix et paramétrage des filtres de correction

Le logiciel Virtual Dub permet l'utilisation d'un grand nombre de filtres fournis en standard ou téléchargeable sur internet. L'ouverture d'un fichier vidéo AVI ou MPEG donne accès aux fonctions du menu « Video>Filters » lorsque le mode « Full Processing » est activé. Il est alors nécessaire de choisir les filtres adéquats proposés par la liste et de les paramétrer. La figure 10 montre le chemin d'accès au menu de choix du codec vidéo.

(1) Le Filtre « Deinterlace »

Il permet d'éliminer les artefacts d'entrelacement. Nous l'avons systématiquement sélectionné en utilisant le paramètre « Blend fields together » ainsi que l'illustre la figure 11.

(2) Le filtre de correction des niveaux « Levels »

Il permet d'ajuster les niveaux de lumière afin d'équilibrer les tons des images. Son principe de fonctionnement et de paramétrage est analogue à celui du réglage des niveaux dans le logiciel Photoshop. Les modifications obtenues peuvent être visualisées et donc ajustées par l'intermédiaire de l'option « Show preview » comme le montre la figure 11.

(3) Le cadrage des séquences vidéo

Les films présentaient initialement une taille de 720x576. Le cadrage des scènes, permis par l'activation de l'option « Cropping » accessible sur le premier filtre, a consisté en l'élimination de marges dont la taille totale était de 80 pixels en largeur et 96 pixels en hauteur.

(4) Le choix des séquences vidéo au cours du montage non linéaire

VirtualDub offre la possibilité de sélectionner un intervalle de traitement en définissant sur la barre de défilement les coordonnées temporelles du début et de la fin de cet intervalle. La première fenêtre affiche la vidéo brute et la deuxième la vidéo après application des filtres.

b) Choix et paramétrage du codec

(1) Les bases de la compression numérique des éléments multimédias

(6)

Il est important de préciser que les techniques de compression des flux de données numériques sont principalement basées sur une constatation : une image contient énormément d'informations redondantes, redondance dont on peut distinguer deux types:

- La redondance spatiale, lorsque des informations sont similaires ou se répètent dans des zones de l'image proches l'une de l'autre (dans une image, deux points voisins sont souvent similaires).
- La redondance temporelle, lorsque des informations se ressemblent ou se répètent dans le temps, même si leur position dans l'image a changé (deux images successives sont souvent relativement similaires).

La compression va donc consister à déterminer ces redondances et à les éliminer.

Les méthodes de compression irréversibles induisent des pertes d'informations dans les images en choisissant le type d'informations qui seront perdues ou dégradées, il est néanmoins possible de reconstruire des images d'une qualité telle que l'oeil humain ne pourra les distinguer des images originales. Les limites de perception de l'œil humain sont donc exploitées afin de restituer une

image présentant peu d'altérations observables. Ainsi, une dégradation des couleurs dans une scène remplie d'objets en mouvement rapide passera inaperçue alors qu'une faible perte de qualité dans une image fixe comportant un dégradé de couleurs sera immédiatement perçue. Ces particularités de l'oeil humain constituent des données psycho-visuelles exploitées depuis les débuts de la vidéo. La vidéo numérique utilise également au maximum les particularités de l'oeil humain lorsqu'il s'agit de compression d'images. Nous obtenons ainsi une compression visuellement sans perte d'information. De ces constatations sont nées plusieurs classes de méthodes de compression:

Le « Variable Length Coding »

Il se base sur la constatation que certaines combinaisons de pixels sont plus fréquentes que d'autres. Dès lors, en recensant toutes les combinaisons possibles d'un nombre donné de pixels, il est possible d'en étudier leur fréquence d'apparition dans une image. On attribue alors à chaque combinaison un code dont la longueur (nombre de bits) est d'autant plus faible que la combinaison apparaît souvent dans l'image.

Le « Differential Pulse Code Modulation (DPCM) »

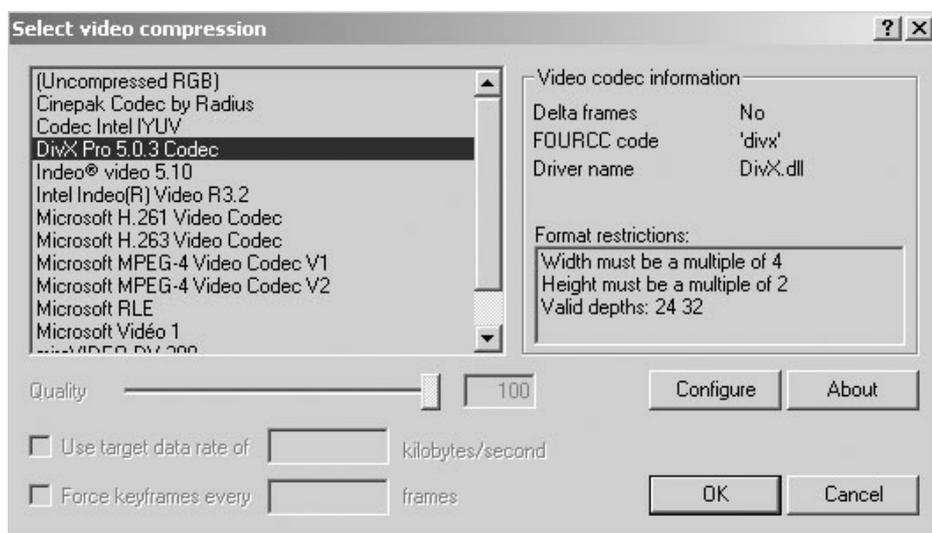
Il se base sur la constatation que, dans la plupart des images, les différences entre deux pixels adjacents sont souvent faibles, les transitions franches (par exemple: un rectangle noir sur un fond blanc) étant assez rares. Il est donc envisageable, connaissant la valeur d'un pixel, de prédire la valeur de son voisin.

La « Discrete Cosinus Transform (DCT) »

Elle se base sur la transformation d'une représentation spatiale d'un bloc de pixels, c'est-à-dire position horizontale, verticale ainsi que l'amplitude, en une représentation sous forme mathématique différente. Cette représentation plus compacte de l'image permet de traiter moins d'information. Les informations descriptives de l'image ne se basent plus sur une analyse spatiale (position horizontale, verticale et amplitude) mais sur une analyse fréquentielle soigneusement calculée. Cette technique est rendue possible grâce à l'utilisation d'une variante des séries de Fourier. Celles-ci permettent de reconstruire une fonction à partir d'une somme de sinusoides multipliées chacune par un certain coefficient dit « de Fourier ». La DCT, en elle même, ne comprime donc pas l'image mais elle la représente simplement sous une forme qui se prête beaucoup mieux à la compression. Un codage judicieux des différents coefficients est ensuite appliqué.

(2) Le choix du codec vidéo

Figure 12 : Choix du codec proposé par le logiciel VirtualDub



La sélection du codec et son paramétrage sont accessibles dans le menu « Video>Compression>Select Video compression », ainsi que le montre la figure 12.

Le tableau 6 répertorie les principaux codecs utilisables (6). Il ressort de l'étude des formats vidéo que le codec DivX® conçu par la société DivXNetWorks® présente toutes les spécificités imposées par le choix du support CD ROM et la nécessité de présenter des vidéos de qualité.

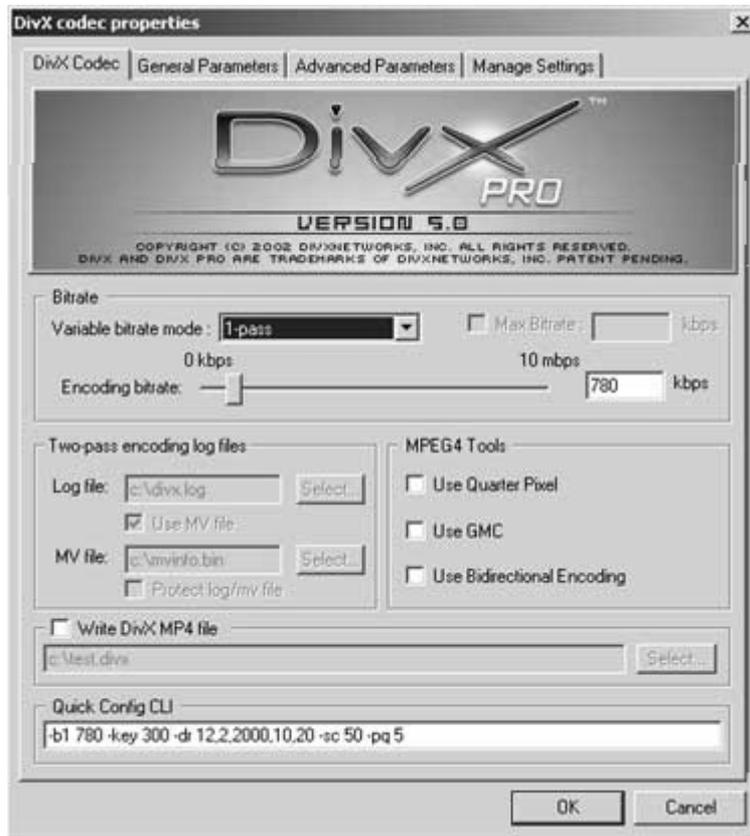
Tableau 6 : Etude comparée des codecs vidéos utilisables

Codec	Architecture	Avantages	Inconvénients	Commentaires
DivX	Windows (compatible Apple)	Excellente qualité	Compatibilité imparfaite avec les systèmes Apple	Il offre des performances inégalées
WMV (Windows Media Video)	Windows	Bonne qualité	Incompatible avec les systèmes Apple	Format propriétaire d'utilisation délicate
Realvideo 8	Lecture par un logiciel spécifique	Qualité correcte pour le transfert par internet	Incompatible avec les systèmes Apple	Une qualité tout juste suffisante pour internet
MPEG 1	Windows (compatible Apple) Video CD	Qualité correcte	Qualité insuffisante pour le projet	
DV (Digital Video)	Windows (compatible Apple)	Qualité quasi parfaite	Taille incompatible avec un stockage sur CD ROM	Idéal pour l'acquisition des éléments DV

(3) Les options proposées par l'encodeur DivX (6)

Le menu principal

Figure 13 : Capture d'écran du menu principal du codec DivX 5.02 Pro



Les modes « Biterate »

Comme le montre la figure 13, l'encodeur DivX 5.02 Pro présente trois modes d'optimisation du débit de données.

- 1- « 1-Pass Variable Bitrate Mode ». L'encodeur vise à produire une vidéo dont le bitrate moyen se rapproche de la valeur spécifiée, assignant moins de données pour des scènes présentant peu de mouvement et plus de données pour des scènes caractérisées par des mouvements rapides. Il est possible d'entrer manuellement la valeur du débit de donnée ou d'utiliser le curseur.
- 2- « 1-Pass Quality Based Mode ». L'encodeur convertit toutes les scènes avec la même qualité absolue sans analyser la quantité de mouvement. En utilisant ce mode toutes les images sont compressées de la même manière, indépendamment de leur complexité. Ce mode ne correspond pas au meilleur choix si on recherche le meilleur rapport qualité/taille du fichier. Cependant, du fait de la qualité de la vidéo et des faibles pertes de qualité induites par ce mode, il convient parfaitement au stockage temporaire des films en attendant tout traitement ultérieur. L'ajustement de la qualité de l'image se fait au moyen du curseur de glissement.

- 3- « 2-Pass (Variable Bitrate Mode) ». L'analyse de la vidéo au cours d'un premier passage permet d'en percevoir la complexité. Le programme ajuste ensuite de manière optimale le taux de compression en fonction de la quantité de mouvement. Ce mode est donc plus précis que le mode en un passage. Il implique cependant deux passages et donc un temps de traitement de la vidéo deux fois plus long.

« *Two-Pass Encoding Log Files* » (*Fichiers Log résultant de l'encodage en 2 passages*)

Au cours du premier passage le programme crée un fichier de données d'analyse qui sera par la suite réutilisé pour améliorer la qualité de la vidéo. Ce fichier peut être utilisé indépendamment de toute application.

L'option de protection « Protect Log/My File » permet de prévenir l'effacement accidentel de ces données.

« *MPEG-4 Tools* » (*Outils MPEG-4*)

Option de compression B-frames/Bi-directional

Le flux vidéo du codec DivX offre trois configurations possibles: "I-frames" (Intra), "P-frames" (analyse prédictive) et "B-frames" (analyse bidirectionnelle). Avant l'apparition de l'évolution DivX 5.00 les deux seules configurations possibles étaient "I-frames" et "P-frames". Lors de la compression en mode "I-frames" chaque image est analysée de manière indépendante. De ce fait son traitement est analogue à celui d'une image en mode JPEG. En mode "P-frames" l'analyse de la complexité de l'image est modulée par celle de l'image qui la précède. La compression temporelle qui en résulte se fonde sur le principe qu'entre deux images successives l'œil ne perçoit que les mouvements et donc les modifications des éléments de chaque image. Ainsi sur un plan fixe les éléments qui ne présentent que peu de modification représentent une information redondante et donc inutile. Le mode "B-frames" est une évolution du mode précédent. L'image située en aval est analysée ce qui permet au programme de choisir les meilleures options de compression tout en maintenant une qualité optimale de fluidité des scènes.

« *Global Motion Compensation* » (*Compensation de mouvement global*)

L'option de compensation de mouvement global permet d'améliorer la qualité des images présentes dans les scènes où l'on observe des mouvements de translation panoramique et des zooms.

« *Quarter Pel* » (*Quart de pixel*)

Le mode "B-frames" permet de compresser de manière optimale chaque image mais sa méthode d'analyse comparative entre deux images s'effectue par blocs de pixel. Cela peut introduire un effet de lissage des images voire un phénomène de flou. L'option « Quarter pel » permet de filtrer chaque bloc en produisant des blocs virtuels sensés représenter les modifications de quart de bloc.

« *MP4 File Creator* » (*Convertisseur de fichiers MP4*)

L'option « MP4 file creator » permet d'obtenir un fichier vidéo compatible avec la norme MP4.

« *Quick Config CLI* » (*Configuration rapide CLI*)

La complexité des lignes de commande directe est telle que leur utilisation semble difficilement envisageable.

Le menu des paramètres généraux

La figure 14 montre les différentes options proposées par le menu des paramètres généraux.

« *Enable Crop* » (*Activer le découpage des bords*)

L'élagage est une opération couramment utilisée pour la suppression des bordures inutiles ce qui permet d'optimiser l'utilisation du débit de donnée. Elle permet également de recadrer la vidéo sur un point légèrement excentré. Après avoir activé cette option, il faut définir le nombre de pixel à éliminer pour chaque bordure.

Figure 14: Capture d'écran du menu des paramètres généraux du codec DivX 5.02 Pro



« Enable Resize » (Activer le redimensionnement)

Le redimensionnement permet de définir le format final de la vidéo. Cette option est particulièrement intéressante car la taille du fichier est directement proportionnelle à la résolution. Il est conseillé de choisir des dimensions qui respectent les proportions de la source. Dans le cas contraire il peut apparaître des distorsions pour le moins inesthétiques. Quatre possibilités de paramétrage sont proposées :

1. mode bilinéaire
2. mode bicubique (rapide)
3. mode bicubique (normal)
4. mode bicubique (précis)

Du point de vue purement mathématique il semble que l'algorithme bicubique soit plus adapté à l'agrandissement. Le mode bilinéaire serait, quant à lui, optimisé pour le rétrécissement. Cependant l'analyse qualitative et donc subjective des résultats obtenus tend à prouver le contraire. L'algorithme en mode bilinéaire nécessite moins de ressources de la part du processeur

arithmétique, le temps de compression est donc plus court. Le choix du mode est donc laissé à l'appréciation de l'utilisateur et doit intervenir après quelques tests.

« Psychovisual Enhancements » (Les améliorations psycho-visuelles)

L'analyse des données concernant le système de vision a permis d'améliorer la sensation de la qualité de la vidéo. Le programme examine les caractéristiques de chaque image en fonction des limites de perception de l'œil humain. Les données non perçues ne sont pas conservées ce qui permet de libérer de la place généralement utilisée pour l'amélioration de la sensation de rendu des données perceptibles.

Le mode « Pre-Processing »

Des artefacts peuvent apparaître sur certaines vidéos issues de sources analogiques. Ces éléments visuels sont analysés par le programme comme des informations nécessaires à la vidéo. Ils sont donc responsables d'une altération directe du signal et ils utilisent inutilement une partie du débit de données. Le filtre de prétraitement emploie des techniques de modification de signal numérique permettant d'enlever les artefacts de source avant de commencer la compression. Il existe deux classes de filtre qui peuvent réduire le bruit : le filtre temporel et le filtre spatial. Le filtre spatial étudie chaque pixel dans une image et procède à un lissage avec les pixels situés à proximité. Le filtre temporel effectue un lissage entre les pixels possédant les mêmes coordonnées dans une succession d'images.

Quatre paramètres sont disponibles:

1. Le mode léger
2. Le mode normal
3. Le mode supérieur
4. Le mode extrême

Le mode normal de prétraitement n'apporte généralement pas de dégradations notables de la source, le mode léger permet d'assurer l'absence de dégradation sur les fichiers sources faiblement altérés. Les deux derniers modes ne doivent être utilisés qu'en présence de fichiers présentant une altération importante.

« Keyframe » (Image de référence)

L'encodeur DivX insère automatiquement une image de référence ou « keyframe » chaque fois qu'il détecte un changement de scène. Cependant dans le cas de scènes relativement longues l'encodeur insère ces images de références à intervalle régulier défini manuellement par l'utilisateur. Ces images font parties de celles qui prennent le plus de place. Leur fréquence induit à la fois une amélioration de la qualité de l'image mais aussi une augmentation significative de la taille du fichier. Il semble qu'une image de référence toutes les 250 corresponde au meilleur rapport qualité/taille du fichier.

« Intelligent De-interlace/Inverse Telecine » (Mode de désentrelacement)

L'entrelacement, inventé dans les années 40, est probablement la première forme de compression vidéo.

Au lieu de transmettre une image complète 60 fois chaque seconde, les ingénieurs ont découvert qu'il était possible de diviser par deux la largeur de bande passante requise par le signal des téléviseurs s'ils envoyaient alternativement des "champs" pairs et impairs. L'entrelacement est principalement retrouvé dans les signaux destinés à l'émission de programmes télévisés, ou dans les signaux vidéo générés par les caméscopes. L'entrelacement n'est pas un problème si la vidéo est

projetée à l'aide d'un dispositif d'affichage entrelacé. L'utilisation d'un dispositif d'affichage progressif, tel qu'un PC, s'accompagne de l'entrelacement des deux champs permettant la création d'une image. Puisque la moitié des lignes de l'image est capturée pendant une fraction de seconde plus tard que l'autre moitié, les objets rapides peuvent sembler déchiquetés.

Il est possible d'éliminer l'effet de crénelage des contours en appliquant un processus connu sous le nom de désentrelacement à la vidéo. Le codec DivX peut désentrelacer le signal vidéo source avant de le compresser. Pour que ce travail s'effectue correctement, il est important que la vidéo n'ait pas subi de redimensionnement vertical préalable externe au codec. L'option de redimensionnement interne au codec n'affecte pas l'opération de désentrelacement.

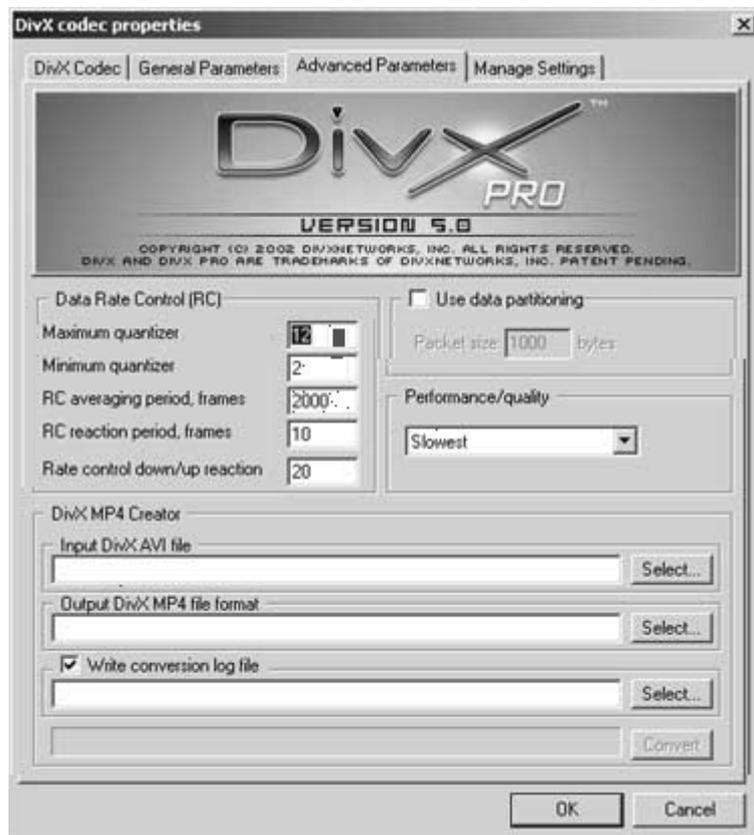
Le codec DivX™ propose trois options principales de désentrelacement:

1. "All frames are progressive" – Il s'agit de la configuration par défaut qui exclut le désentrelacement. Il convient aux vidéos déjà dans un format progressif.
2. "All frames are interlaced" – Le codec utilise un algorithme adaptatif appliqué à chaque image avant de redimensionner et de compresser la vidéo.
3. "Intelligent IVTC/deinterlace" – dans cette configuration le codec détermine automatiquement l'option la plus adaptée à la vidéo traitée.

Une option supplémentaire est disponible pour les utilisateurs dont la préoccupation principale est la vitesse de compression : « Basic Video Deinterlace ». Cette option ne doit pas être employée simultanément à l'option de redimensionnement. Il faut sélectionner dans la première option, « All frames are progressive ».

Le menu des paramètres avancés

Figure 15 : Capture d'écran du menu des paramètres avancés du codec DivX 5.02 Pro



La figure 15 montre les éléments modifiables dans le menu des paramètres avancés.

« *Data Rate Control Parameters (RC)* »

Le codec DivX utilise une commande de double débit asymétrique en phase d'être breveté. Il utilise des boucles d'analyse de séquences pour assurer un meilleur équilibre de réajustement des variations de débit de données en fonction des mouvements tout en respectant sur l'ensemble de la séquence la valeur moyenne de ce débit imposée par l'utilisateur. Il s'adapte de manière dynamique aux caractéristiques de la scène, déterminant la valeur optimale de la largeur de bande qu'il lui faut attribuer. Il est flexible et facilement paramétrable selon les situations rencontrées. La création de l'algorithme de commande de débit du codec DivX provient de l'analyse de la compression de nombreux films intégraux dans des configurations d'utilisation multiples.

« *Maximum and Minimum Quantizers* » (*Quantificateurs minimaux et maximaux*)

Le quantificateur est un des paramètres les plus importants dans la compression. Les commandes de quantificateur déterminent la précision de l'encodage vidéo. Le principe de base est le suivant: pour une image donnée, à une faible valeur de quantificateur correspond une meilleure qualité et une consommation plus élevée de la bande passante tandis qu'à une valeur importante de quantificateur correspondent une consommation de la bande passante et une qualité inférieure. Alors que chaque image présente une complexité différente la qualité des images apparaîtra homogène. Fondamentalement, le quantificateur modifie la commande de débit de données. Le contrôle de l'équilibre entre la qualité de la vidéo et la consommation de la bande passante est délicat. La configuration par défaut offre souvent des résultats proches des résultats optimaux.

« *RC Averaging* »

« RC Averaging » commande la faculté d'adaptation du codec à modifier le contrôle du débit dans des situations de mouvements très rapides. Des valeurs élevées améliorent souvent la qualité des séquences rapides mais dégradent la qualité des séquences à mouvements lents.

« *Rate Control Down/Up Reaction* »

« RC Down/Up Reaction » détermine la réactivité du programme face à une séquence présentant des variations de mouvements. Une valeur importante permet habituellement d'obtenir des séquences à mouvements rapides de meilleure qualité mais provoque en contrepartie une augmentation de la taille du fichier.

Tous ces paramètres sont interdépendants et les conséquences de leur modification sont fonction des valeurs des autres paramètres.

« *Data Partitioning* » (*La partition de données*)

La partition de données peut être utile dans n'importe quelle situation où les erreurs de transmission peuvent survenir. Elle permet d'organiser différemment les données dans le flux. Une image se compose de macroblocs adjacents et chaque macrobloc inclut habituellement un vecteur de mouvement (prévision) et une information de texture. Ceci permet au flux d'être plus réactif face aux erreurs de transmission, dans cette configuration le vecteur de mouvement et la texture sont séparés (non entrelacé avec chaque macrobloc simple) et regroupés en paquets visuels. Chaque groupe visuel est une entité indépendante à l'intérieur du flux et peut être décodé séparément des

autres. L'utilisation de la partition de données peut également permettre l'activation d'une série d'outils qui tient compte du rétablissement d'erreur et de la resynchronisation de groupes.

« *Performance/Quality* »

Il y a 5 options disponibles pour le paramètre performance/qualité. Par principe, la qualité d'encodage est directement proportionnelle à l'utilisation des ressources du processeur, elle dépend donc de la puissance de celui-ci. Dans de rares situations la sélection d'une configuration autre que « slowest » permet d'obtenir les meilleurs résultats. La précision de l'analyse des mouvements est sacrifiée au profit de la vitesse d'encodage. Avec les processeurs actuellement disponibles dans le commerce et la fiabilité du codec DivX la compression des vidéos peut être obtenu en temps réel même en plein écran. Quoi qu'il en soit la possibilité de sélection de qualités inférieures présente un intérêt pour les possesseurs de configurations peu performantes. Concrètement, l'encodage en temps réel n'est nécessaire que dans les situations de capture de signaux vidéo analogiques ou numériques dont le contrôle du débit d'information est impossible.

« *DivX MP4 Creator* » (le convertisseur de DivX MP4)

Le convertisseur de DivX MP4 transforme un fichier vidéo DivX AVI version DivX 5.0 (ou supérieure) en un fichier vidéo DivX encapsulé dans un format DivX MP4. Pour utiliser cette fonctionnalité, il suffit de sélectionner le fichier DivX AVI qui a besoin d'être converti à partir du "champs d'entrée". Le répertoire de sortie par défaut est le même que celui de la source. Le créateur du nouveau format de fichier peut aussi créer un fichier log qui peut inclure des informations telles que le type d'images, le nombre de blocs sonores, le nombre de blocs vidéo, la résolution et le débit. Une fois le fichier et le répertoire sélectionnés, la conversion peut commencer. Le fichier DivX MP4 ne remplacera pas le fichier AVI d'origine.

« *Manage Settings Menu* »

Figure 16 : Capture d'écran du menu de gestion des paramètres du codec DivX 5.02 Pro



La gestion de configuration, dont le menu est illustré par la figure 16, permet aux réglages utilisés fréquemment d'être sauvegardés et accessibles facilement pour une utilisation ultérieure. Ce système permet aussi d'envoyer facilement à un autre utilisateur les réglages exacts utilisés. Pour enregistrer les réglages en cours, il suffit de cliquer sur « Add codec settings » (Ajouter les paramètres du codec), il est nécessaire ensuite de nommer et de donner une description pour ces réglages. Pour sauvegarder, il faut sélectionner « Save settings to file » (Enregistrer les réglages dans un fichier). Pour charger des réglages prédéfinis, il suffit de choisir « Load settings from a file » (Charger les réglages à partir d'un fichier).

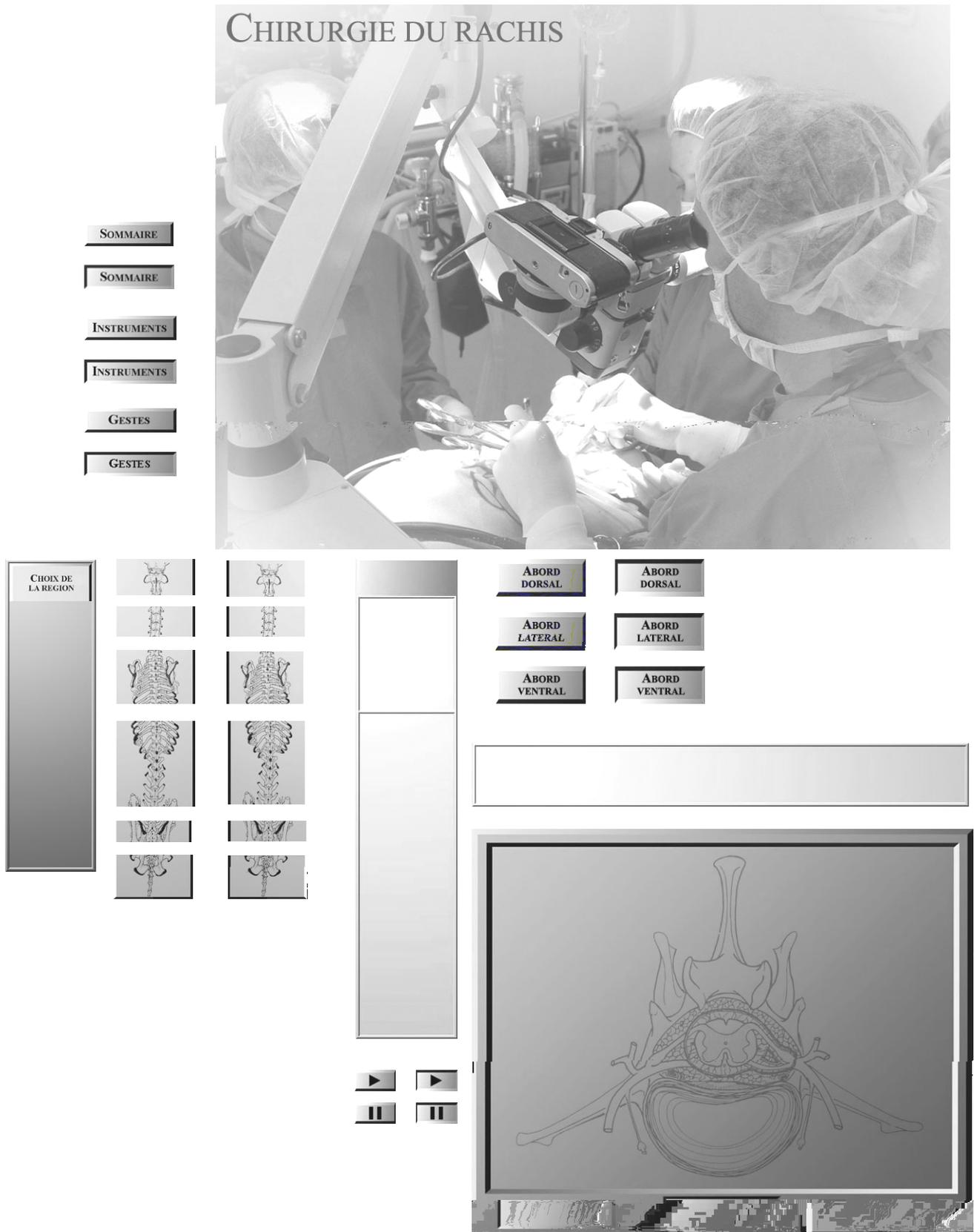
(4) Les principaux paramètres retenus pour l'encodage des séquences du CD ROM

Tableau 7 : Les principaux paramètres utilisés pour la compression des vidéos

Biterate mode	2-Pass (Variable Bitrate Mode)
Encoding biterate	1000
Quartel Pel	Désactivé
GMC	Activé
Bidirectional Encoding	Activé
Psychovisual Enhancements	Désactivé
Pre Processing Source	Désactivé
Max Keyframe interval	250
Scene change threshold	50%
Performance/Quality	Slowest

E. Assemblage des éléments multimédias : la programmation

Figure 17 : Exemple d'éléments de l'interface de navigation créés séparément



1. Ajustement des éléments du programme

Avant de commencer la programmation, il a été nécessaire de choisir les séquences vidéo et les images qui devaient illustrer chaque voie d'abord. De plus tous les éléments de l'interface de navigation ont été créés séparément (figure 17) afin de préparer les animations Director.

2. Principe de fonctionnement de Director (5, 12)

Le programme Director correspond à une solution logicielle complète de développement multimédia. La puissance de ce programme est proportionnelle à sa complexité. Nous allons nous attacher à décrire le principe de fonctionnement de ce logiciel.

Director permet de créer des logiciels interactifs et des animations offrant la possibilité d'intégrer et de contrôler des composants multimédias de natures diverses (films, photographies, schémas, sons). L'utilisation d'un langage de script permet de créer et de modifier les comportements des acteurs d'une animation.

Director fonctionne comme un metteur en scène et les termes utilisés pour décrire les éléments présents dans le programme sont empruntés au domaine du spectacle. La scène correspond à une fenêtre dans laquelle sont affichés les éléments visuels d'une animation, elle est le reflet des activités visibles de l'animation.

Chaque animation est construite à partir d'éléments importés ou créés appelés acteurs, dont la disposition dans un scénario permet d'occuper la scène pendant un intervalle temporel prédéfini. Le scénario se présente sous la forme d'une grille qui symbolise l'animation en fonction du temps, chaque acteur occupe un canal et peut se voir attribuer un comportement.

La création d'une animation comprend sept étapes.

a) La personnalisation de l'environnement de création

Il convient de définir les propriétés spécifiques de l'animation. L'affichage retenu pour le CD-ROM présente une taille de 1024 pixels sur 768 pixels avec 16 millions de couleurs. Ces préférences sont paramétrables après ouverture de l'Inspecteur des propriétés.

b) La constitution d'une distribution

Il est nécessaire de réunir tous les acteurs (images, sons, vidéos, testes, comportements) d'une scène dans une distribution. Ils peuvent être de natures variables et intervenir dans différentes scènes. Cette procédure nécessite l'importation des éléments multimédias dont la répartition peut se faire dans plusieurs distributions afin d'en faciliter la gestion.

c) L'incorporation des acteurs dans l'animation.

L'élaboration d'une animation commence véritablement avec l'incorporation et le positionnement des acteurs dans le scénario. Il est nécessaire de définir pour chaque acteur les coordonnées spatiales (position sur la scène) et temporelles ainsi que le comportement qui lui est affecté.

Director offre la possibilité d'enrichir les animations par des vidéos numériques. Il est ainsi possible d'incorporer des séquences de films au format AVI (Audio Video Interleave).

d) La personnalisation et l'animation des images objets

L'ajustement des propriétés des images telles que la taille ou la position est indispensable pour finaliser ou modifier une animation.

e) L'ajout de contrôles interactifs

Director intègre un langage de script puissant appelé Lingo. L'utilisation des codes de ce script permet de créer ou de personnaliser des comportements. Il est ainsi possible d'enrichir une présentation en intégrant des éléments d'interactivité.

f) Le test et l'affinement d'une animation

Cette étape consiste en une relecture de l'animation. Elle permet de corriger et d'affiner les comportements et propriétés des images objets.

g) La préparation de l'animation en vue de sa distribution.

Elle correspond à l'étape ultime de la programmation. Lorsqu'elle est totalement finalisée, l'animation est convertie en projections qui peuvent être exécutées de manière autonomes.

F. Rectification des erreurs et test du logiciel

La programmation du logiciel fait intervenir des lignes de commande ou scripts codés dans un langage qui n'est pas très intuitif et dont la maîtrise est difficile. La fin de la phase de programmation marque le début d'une période de test divisée en deux phases.

1. Test de fiabilité : version alpha du logiciel

La version alpha d'un logiciel correspond à une première version destinée uniquement au concepteur du programme afin qu'il le teste et détecte les erreurs ou « bugs ». Par convention, un bug est un élément qui empêche l'utilisateur d'être pleinement satisfait de son acquisition : un problème technique à l'installation, une instabilité du système, un message d'erreur, une fonction qui ne répond pas, une illustration mal cadrée, une police de caractère incompréhensible, etc. Ne doivent pas être considérés comme « bug » les « choix d'auteur » et la qualité des graphismes. La période de test est variable et l'analyse de la version alpha doit s'effectuer sur une configuration puissante et équipée de matériel standard de qualité. L'équipement logiciel présent doit être minimal afin d'éviter toute interférence avec d'autres programmes. Lorsque le concepteur a répertorié et rectifié toutes les « bugs » le programme entre dans la phase finale du test : le test de la version bêta.

2. Test de compatibilité : version bêta du logiciel

La version bêta d'un logiciel ou version de pré-commercialisation correspond à un programme qui est presque arrivé au terme de son développement. Les « beta-testers » utilisent le logiciel de façon intensive et tentent d'en trouver les failles résiduelles. Cette utilisation doit prendre en compte un grand nombre de possibilités d'utilisation et implique un recrutement adapté des testeurs. Les tests doivent être menés sur des configurations qui diffèrent tant sur le plan de l'équipement (puissance et le type de matériel) que sur le plan du système d'exploitation utilisé. Un rapport est ensuite soumis au concepteur qui corrige les erreurs répertoriées.

Une fois la phase bêta terminée, le logiciel peut être approuvé pour une édition publique. Il convient de constater qu'il est difficile de tester le logiciel dans toutes les configurations et donc que tout logiciel commercialisé est une version bêta qui s'ignore.

Conclusion de la troisième partie

L'obtention d'un programme est le résultat d'un grand nombre d'étapes :

- la acquisition et traitement des illustrations (photographies, films, schémas),
- la conception de l'interface et la création de l'ensemble des éléments qui la composent,
- la programmation qui correspond à l'assemblage et à l'interaction de l'interface et des illustrations,
- les tests du logiciel.

Les résultats obtenus, proposés sous forme de captures d'écrans dans la partie suivante, tendent à démontrer que derrière l'apparente simplicité d'utilisation d'un logiciel se cache souvent une conception extrêmement complexe.

IV. Résultats : présentation du logiciel

A. Bilan des éléments constitutifs du cédérom

1. Bilan des illustrations

Nous avons choisi d'illustrer chacun des temps chirurgicaux par une séquence vidéo chaque fois que cela était possible. Bien que le logiciel ne soit pas finalisé, il est possible d'estimer le nombre de séquences que contiendra le CD-ROM. Au total dix protocoles seront abordés et illustrés par une centaine de films. La durée totale des éléments vidéo sera approximativement d'une heure. Les photographies permettent de présenter des clichés d'imagerie médicale, d'identifier des structures anatomiques ou de montrer des étapes statiques telles que le positionnement de l'animal.

2. Présentation générale de l'interface

L'interface du logiciel répond aux recommandations ergonomiques de l'interface proposées par la direction des systèmes d'information du Centre National de Recherche Scientifique.

Chaque fenêtre est identifiable par une image de fond thématique associée à une couleur dominante qui facilite son identification.

L'exécution du programme commence par l'ouverture d'une séquence d'introduction illustrer par la figure 18. Elle aboutit à un sommaire (figure 19) qui permet d'accéder aux quatre parties du logiciel.

Les boutons sont regroupés par niveau de navigation et la disposition séquentielle des niveaux sur la page de navigation de la partie chirurgie reprend l'arborescence du CD-ROM.

Le logiciel propose une partie consacrée à la compatibilité du matériel employé (figure 21). Elle permet de rechercher l'origine d'une éventuelle incompatibilité résultant principalement de l'utilisation du codec DivX.

La partie d'aide générale (figure 23) propose une explication du mode de fonctionnement de l'interface.

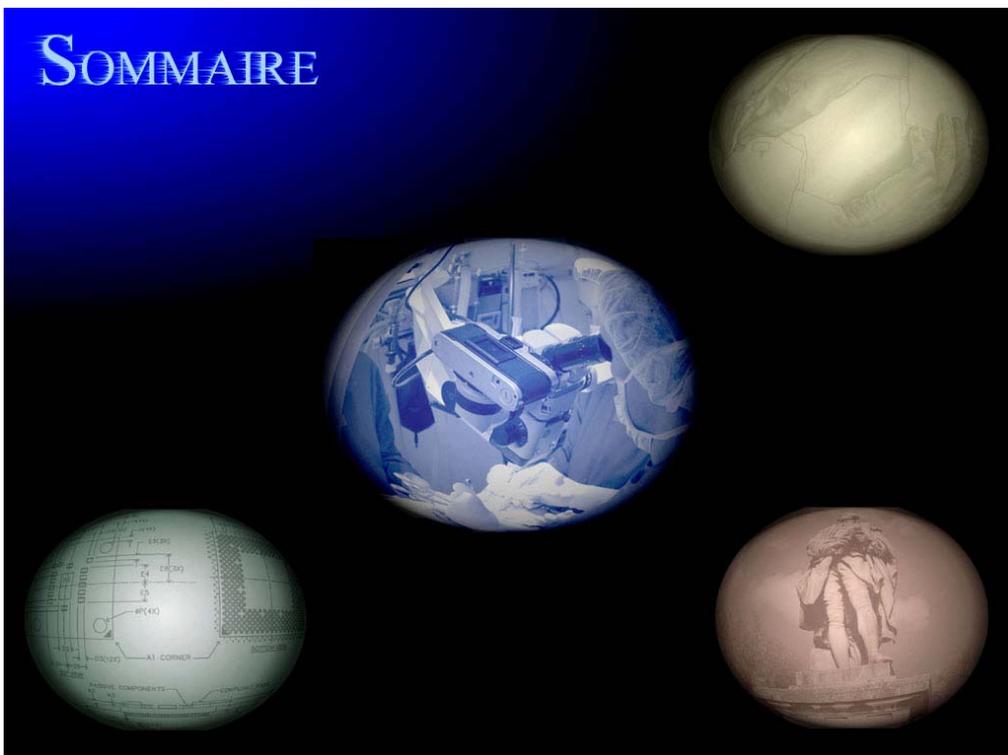
La sortie du logiciel (figure 22) est l'occasion de présenter les différents responsables impliqués dans la conception du CD-ROM.

B. Démonstration du logiciel à partir d'un exemple

Figure 18 : Capture d'écran de l'introduction du logiciel
« Les voies d'abord de la moelle épinière »



Figure 19 : Capture d'écran du sommaire du logiciel
« Les voies d'abord de la moelle épinière »



Afin d'illustrer le mode de navigation, nous allons prendre l'exemple de la recherche de renseignements sur la technique de l'abord ventral des vertèbres C1 et C2 en vue d'une stabilisation de cette articulation (figure 20). Après avoir choisi la partie chirurgie du rachis proposée par le sommaire, l'utilisateur doit sélectionner la région à étudier. Le choix de la région cervicale crâniale ouvre un menu contextuel qui propose les différents abords praticables dans cette région. La sélection de l'abord ventral permet d'accéder à un troisième menu contextuel qui propose la liste des différents temps chirurgicaux. L'opérateur peut y accéder librement. L'absence de contrainte de navigation doit permettre aux vétérinaires expérimentés d'accéder directement et rapidement à l'information recherchée. Le choix d'un temps chirurgical fait apparaître un texte descriptif dans lequel des icônes permettent d'accéder aux illustrations. Ces dernières apparaissent dans le cadre qui leur est réservé.

Figure 20 : Capture d'écran de la partie Chirurgie du rachis du logiciel
 « Les voies d'abord de la moelle épinière »

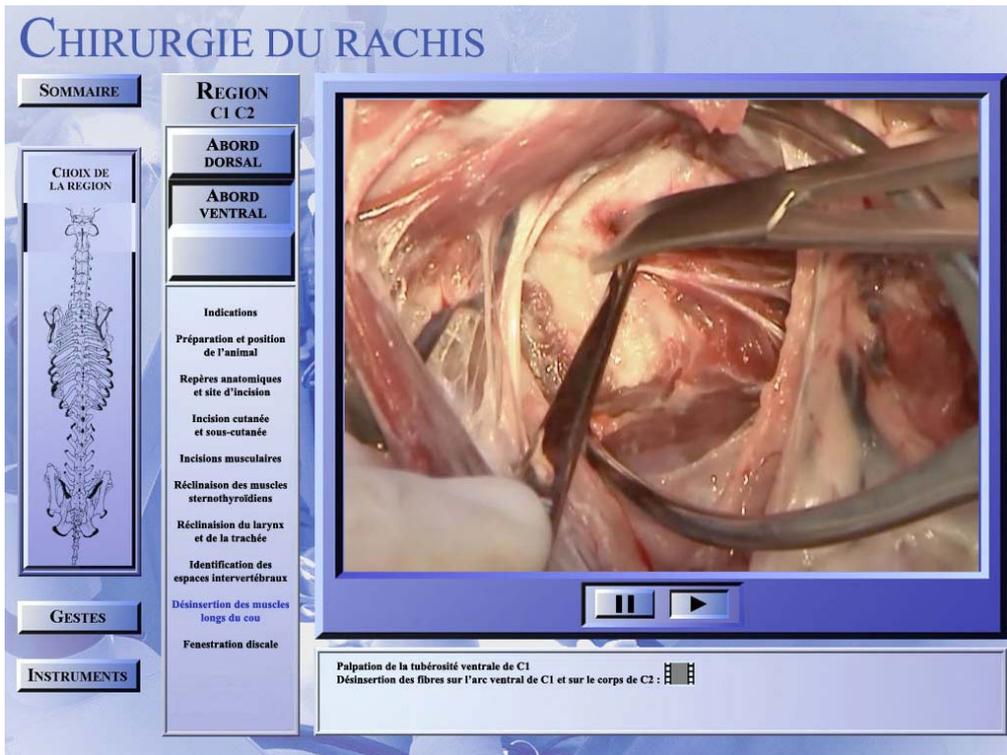


Figure 21 : Capture d'écran de la partie Compatibilité du système du logiciel
 « Les voies d'abord de la moelle épinière »

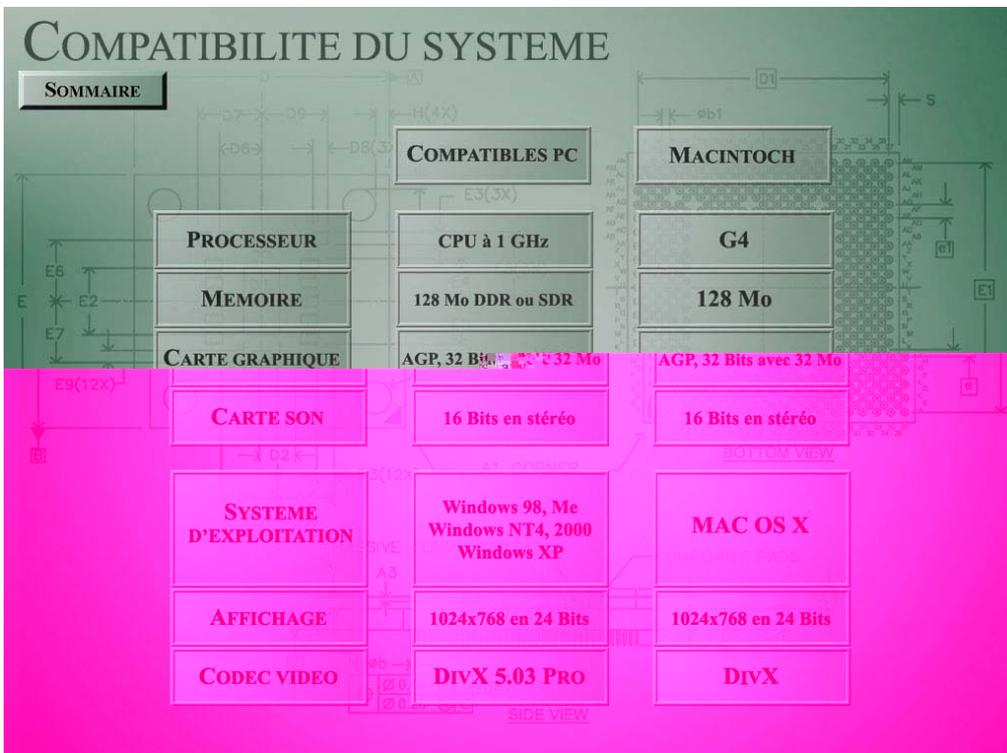


Figure 22 : Capture d'écran de la partie Compatibilité du système du logiciel
« Les voies d'abord de la moelle épinière »

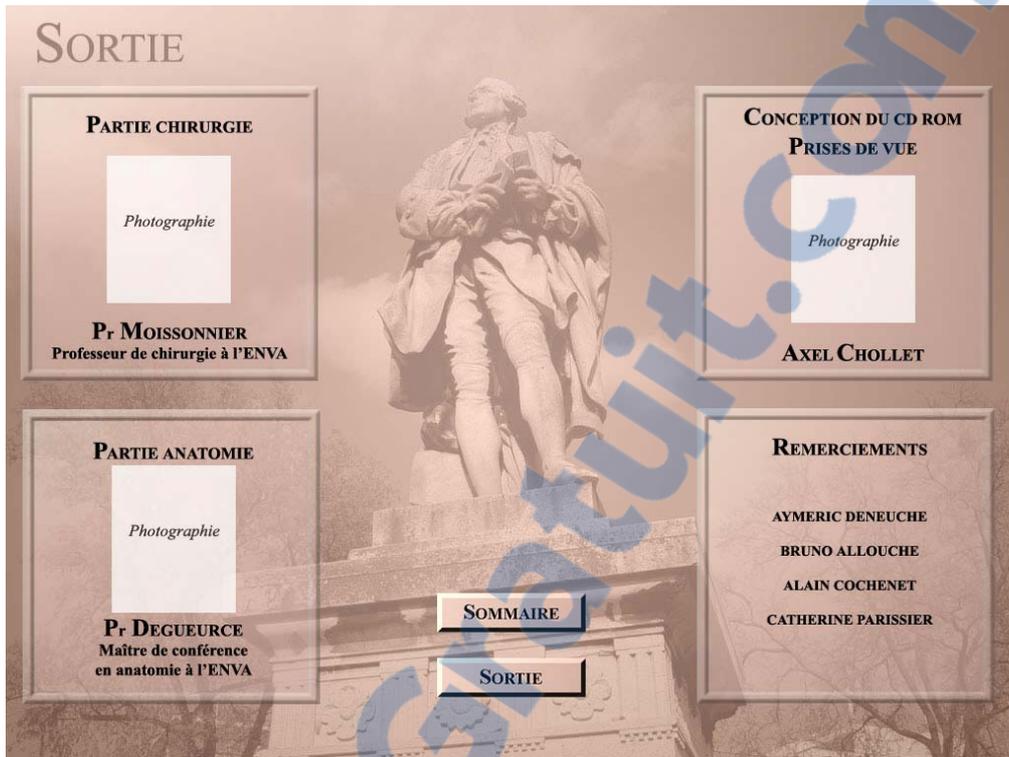


Figure 23 : Capture d'écran de l'image de fond de la partie Aide générale du logiciel
« Les voies d'abord de la moelle épinière »



Conclusion de la quatrième partie

La démonstration du logiciel permet de comprendre les choix esthétiques et ergonomiques de l'interface. Le mode de navigation adopté correspond à un système hybride entre une navigation libre, adaptée aux vétérinaires expérimentés, et une navigation guidée qui s'adresse plutôt aux étudiants.

La simplicité du logiciel est inversement proportionnelle aux temps nécessaires pour le concevoir. Ainsi pour une voie d'abord, les prises de vue, le montage non linéaire, le traitement et l'encodage des vidéos ont nécessité en moyenne 20 heures de travail pour obtenir entre 3 et 8 minutes d'illustrations vidéo. Il convient de préciser que pour illustrer les 10 voies d'abord présentes dans le logiciel nous avons utilisé 15 chirurgies. Cette première approche chiffrée donne un aperçu de la somme des travaux qu'il a fallu accomplir.

La conception de l'interface, l'élaboration des éléments qui la constituent et la programmation sont des étapes extrêmement longues et délicates.

Après avoir conçu un CD-ROM il est nécessaire de prendre en compte les éléments spécifiques au conditionnement et à la distribution du logiciel.

V. Discussion

A. Limites du projet

1. Les difficultés techniques

Les principales difficultés rencontrées au cours de la conception du CD-ROM résultaient de nos limites de compétences techniques. La production du logiciel a impliqué la maîtrise de techniques d'infographie, de prises de vue et de traitement d'éléments multimédias et l'apprentissage de la programmation.

De par la diversité et la complexité des différentes étapes, la réalisation d'un CD-ROM dans le cadre d'une thèse d'exercice ne peut être menée à terme que par des étudiants possédants des connaissances de bases dans le domaine de l'ergonomie des logiciels, de l'infographie et des scripts de programmation.

2. Les solutions envisageables.

La mise en place d'un partenariat avec un établissement d'enseignement spécialisé dans la conception d'outils multimédias pourrait permettre de sous-traiter l'étape de programmation et d'élaboration de l'interface. Cette solution impliquerait cependant une coopération étroite entre le concepteur du logiciel et le programmeur.

Une formation des étudiants en informatique pourrait être une alternative à la sous-traitance. Bien que l'apprentissage de l'informatique ne représente pas une priorité dans les écoles vétérinaires 41 Tc 0.019,u

B. La post production

1. Le conditionnement du CD-ROM

Avant de procéder à la commercialisation de tout CD-ROM il convient de définir les éléments de l'habillage du support (pochette et sérigraphie du CD-ROM). Ils participent, avec les choix promotionnels, à la constitution d'une image symbolique représentative du produit et de l'organisme qui l'a conçu.

a) La sérigraphie du CD-ROM

Elle correspond à l'illustration présente sur le support multimédia.

Elle doit obligatoirement contenir 3 mentions :

- le logo spécifique du support CD-ROM avec une dimension minimale de 10 mm de large et 8 mm de haut,
- la mention d'origine sous la forme « Made in E.U. by ... »,
- la mention légale relative aux droits d'auteur : « Tous droits du propriétaire de l'œuvre enregistrée réservés. Sauf autorisation, la duplication, la location, le prêt, l'utilisation de ce disque pour l'exécution publique sont interdits ».

b) La pochette

Son format dépend du format initial de l'emballage du support.

L'utilisation d'un boîtier impose des dimensions précises comme l'illustre la figure 24. La page de présentation doit au minimum contenir le titre du logiciel, les noms des concepteurs du programme peuvent être mentionnés.

Le dos de la couverture doit contenir :

- une présentation succincte du contenu du CD-ROM,
- les mentions relatives à la configuration nécessaire pour faire fonctionner le programme,
- le nom et éventuellement le logo de la société de production et de diffusion du logiciel,
- les noms des concepteurs du logiciel.

c) Le livret d'accompagnement

Ce livret facultatif correspond à un document explicatif qui reprend :

- les spécifications matérielles nécessaires au bon fonctionnement du logiciel,
- une présentation des différents intervenants (concepteurs et société de distribution),
- une aide à la navigation par l'intermédiaire d'une présentation de l'interface,
- une aide de maintenance permettant de résoudre des problèmes basiques fréquemment rencontrés.

2. La diffusion du cédérom

a) Respect de la propriété intellectuelle et protection contre la copie

Les CD-ROM pédagogiques correspondent souvent à des logiciels propriétaires. Leur utilisation, leur redistribution ou leur modification sont interdites, exigent une autorisation spécifique, ou sont tellement restreintes qu'il est impossible de le faire librement.

Le CD-ROM est considéré comme une œuvre et est soumis aux réglementations du code de la propriété intellectuelle. La loi française permet à une personne de faire une copie d'un CD si elle possède l'original. La copie doit néanmoins être réservée à l'usage privé et limitée au cercle familial. Les articles L122-5-2° et L211-3 du Code de la propriété intellectuelle définissent le cadre légal autorisant la duplication et précisent les limites d'utilisation.

Article L122-5-2°

Lorsque l'œuvre a été divulguée, l'auteur ne peut interdire :

2° Les copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective (...)

Article L211-3

Les bénéficiaires des droits ouverts au présent titre ne peuvent interdire :

1° Les représentations privées et gratuites effectuées exclusivement dans un cercle de famille ;

2° Les reproductions strictement réservées à l'usage privé de la personne qui les réalise et non destinées à une utilisation collective ;

3° Sous réserve d'éléments suffisants d'identification de la source :

- les analyses et courtes citations justifiées par les caractères critique, polémique, pédagogique, scientifique ou d'information de l'œuvre à laquelle elles sont incorporées;

- les revues de presse;

- la diffusion, même intégrale, à titre d'information d'actualité, des discours destinés au public dans les assemblées politiques, administratives, judiciaires ou académiques, ainsi que dans les réunions publiques d'ordre politique et les cérémonies officielles ;

4° La parodie, le pastiche et la caricature, compte tenu des lois du genre.

Le développement du marché du graveur et des techniques de piratage impose l'adoption de systèmes de protection contre la copie.

Ces systèmes fonctionnent sur des principes différents dont voici deux exemples :

- ils peuvent empêcher une lecture linéaire du support par l'introduction d'erreurs physiques localisées sur des fichiers inutiles. Le programme vérifie cependant la présence de ces fichiers sur le support avant de s'exécuter afin d'en garantir l'authenticité.

- ils peuvent introduire des erreurs dans l'index du CD-ROM et donner des indications erronées quant à la taille des fichiers contenus sur le support (par exemple des CD-ROM dont l'index indique une capacité de 2 Go).

Il convient de préciser que tous les systèmes de protection présentent une faille et qu'il existe actuellement des logiciels de duplication qui, par l'intermédiaire de paramètres que nous ne développerons pas, permettent de déjouer de nombreux procédés.

Figure 24 : Projet de pochette du CD-ROM les voies d'abord de la moelle épinière



LES VOIES D'ABORD DE LA MOELLE EPINIÈRE

**RESPONSABLES
DU PROJET**

Partie chirurgie : *P. MOISSONNIER*

Partie anatomie : *C. DEGUEURCE*

Conception du logiciel : *A. CHOLLET*

Ce CD-ROM reprend les principales voies d'abord de la moelle épinière. Les nombreuses séquences vidéos présentes sur ce support permettent d'illustrer précisément les gestes spécifiques à chaque temps chirurgical. Elles sont accompagnées de schémas d'anatomie permettant de nommer les structures observées et de comprendre leur disposition.

Configuration PC

Processeur 1 GHz
128 Mo de mémoire vive
Carte graphique 32 Mo
Affichage 1024x768
Carte son stéréo
Lecteur de CD-ROM x8
Windows 98 ou supérieur
Codec DivX 5.03 (inclus)

Configuration Macintosh

Processeur G4
128 Mo de mémoire vive
Carte graphique 32 Mo
Affichage 1024x768
Carte son stéréo
Lecteur de CD-ROM x8
MacOS X
Codec DivX

LES VOIES D'ABORD DE LA MOELLE EPINIÈRE

LES VOIES D'ABORD DE LA MOELLE EPINIÈRE

b) Le pressage (3)

La fabrication d'un CD-ROM s'effectue systématiquement à partir d'un support source tel qu'un CD enregistrable répondant aux normes définies par l' « Orange book » et exempt de rayure ou de défaut.

(1) La masterisation

Cette étape permet l'obtention d'une matrice en verre. La première étape de prémastering localise les points d'accès au début et à la fin de chaque piste. Les données sont standardisées à la norme ISO-9660.

Le mastering, deuxième étape du procédé, permet, dans des conditions de température et d'hygrométrie stables (dans une « chambre blanche »), de graver par l'intermédiaire d'un faisceau laser les informations issues d'une source. Le « glass master » ainsi obtenu est recouvert d'une couche photosensible chauffée à 300°C.

L'électroforming, troisième étape, permet de préparer le « glass master » à l'étape de galvanoplastie. Cette préparation permet de déposer par électrolyse une fine couche de nickel.

(2) L'obtention de la matrice.

L'élément en nickel et le substrat de verre sont séparés pour créer une impression négative appelée « père ». Ce support peut être employé comme un « stamper » pour modeler des disques ou pour faire une famille galvanique. Les familles galvaniques, ainsi obtenues par impressions positives du « père », sont désignées sous le nom de « mère ». Chacune peut être alors utilisée comme matrice pour l'obtention de copies multiples appelées « stampers » employés pour le pressage.

(3) Le pressage

Le polycarbonate, matière première du CD, est soigneusement préparé dans une étuve afin d'éliminer toute trace d'humidité. Après une étape de fusion à 320°C, il est injecté dans un moule contenant la matrice. On obtient ainsi une reproduction fidèle des informations contenues dans la matrice. Le trou central est réalisé par un poinçon. Une fine pellicule d'aluminium est ensuite déposée sous vide sur la surface gravée. Son rôle est de réfléchir le faisceau laser en fonction des reliefs présents sur la surface.

Le vernissage, étape ultime, consiste à déposer par centrifugation une couche protectrice de vernis sur la pellicule d'aluminium. Son durcissement est obtenu par l'utilisation d'une rampe de lampes ultraviolettes.

c) Les circuits de distribution

La recherche des circuits de distribution est un des éléments du marketing opérationnel. Le marketing mix, ou marketing opérationnel, peut être défini comme la recherche de la meilleure combinaison entre les «4 p» :

- le produit : la composition idéale du produit, en fonction du marché considéré, doit permettre de répondre au mieux aux besoins des futurs utilisateurs. Cette démarche est également très importante dans la conception de l'interface.
- le prix.

- la position : les circuits de distribution les plus efficaces doivent être recherchés afin d'assurer une diffusion optimale du produit.
- la promotion : il est nécessaire de mettre au point une stratégie de communication afin de faire connaître le produit.

Les principaux circuits de distribution :

Les laboratoires pharmaceutiques représentent le premier circuit de distribution. De manière générale, ils financent la conception et la production du logiciel et de son support. Ils incorporent souvent une page de présentation d'un médicament dans le programme qui devient parfois un prétexte pour la promotion d'un produit. La distribution est ensuite assurée au cours de congrès sur le stand du laboratoire. Il convient d'observer qu'une distribution gratuite participe à la dévalorisation du CD-ROM et que de la démarche d'acquisition dépend l'utilisation future du produit.

Les sociétés d'éditions spécialisées offrent une alternative intéressante aux laboratoires. Elles ne financent, en général, que la fabrication du CD-ROM. Elles ont accès à un réseau de distribution important et proposent souvent une campagne de communication dans leurs périodiques. Enfin, elles offrent la possibilité d'incorporer le CD-ROM dans un « package » et de profiter de la complémentarité d'autres CD-ROM et d'ouvrages.

Conclusion de la cinquième partie

La conception du CD-ROM s'est heurtée à de nombreuses difficultés. La sous-traitance des activités n'a pas été envisagée car elle aurait impliqué une coopération difficile et très coûteuse en terme de temps. Néanmoins, nos limites de compétences dans certains domaines ont imposé un apprentissage long et fastidieux.

L'étape finale de la production marque le début de la phase de post-production. Elle implique l'élaboration du conditionnement du CD-ROM et l'analyse des éléments du marketing opérationnel.

Conclusion

Les supports multimédias tels que le CD-ROM ou le DVD-ROM représentent, du fait de leur interactivité, des documents pédagogiques incontournables dans le cadre d'une autoformation.

La conception des logiciels de formation complémentaire nécessite une démarche rigoureuse décrite dans ce document de thèse à partir de l'exemple de la conception d'un cédérom sur les voies d'abord chirurgical de la moelle épinière chez les carnivores domestiques.

La première partie en décrit l'étude analytique qui a pour objectif d'étudier le contexte et la viabilité du projet. La deuxième partie reprend les choix argumentés concernant le matériel et les logiciels à employer. La description de la méthode de conception du programme, détaillée dans la troisième partie, reprend les étapes d'acquisition et de traitement des données, de conception d'interface, de programmation et de test logiciel. Les résultats ainsi obtenus sont illustrés dans la quatrième partie sous forme de captures d'écran. La discussion fait le bilan des difficultés et aborde des considérations relatives au marketing opérationnel.

Support ludique et convivial, le CD-ROM propose une méthode d'apprentissage fondée sur l'interactivité et la présentation d'illustrations dynamiques. Il convient cependant de le positionner correctement dans la hiérarchie des outils d'apprentissage. Ils ne peut en aucun cas représenter un simple copier-coller d'un livre et

Bibliographie

- (1) ADOBE SYSTEMS INCORPORATED. *Guide de l'utilisateur Adobe Photoshop 6*. San Jose : Adobe Systems Incorporated, 2000, 434p.
- (2) ADOBE SYSTEMS INCORPORATED. *Initiation à la vidéo numérique*. San Jose : Adobe Systems Incorporated, 2000, 31p.
- (3) ALPHACOMPACTDISC. *Usines de pressage CD et DVD, duplication, réplique industrielle CD ROM, CD AUDIO, etc.* [en-ligne], Mise à jour en 2003. [<http://www.alphacompactdisc.com>], (consulté le 8 mars 2003).
- (4) BURIAN P, CAPUTO R. *Guide pratique de la photo*. Washington : National Geographic Society, 2001, 352p.
- (5) CANAVESE TAJ. *Réalisation d'un cédérom sur l'anatomie de membre thoracique du chien*. Thèse Méd. Vét., Alfort, 2001.
- (6) CHAUTRAND E, DEMOUGIN T. *Vidéo numérique*. Paris : Micro Application, 2002, 537p.
- (7) DIVXNETWORKS INCORPORATED. *DivX.com : The Official Site of DivX Video*. [en-ligne], Mise à jour le 11 mars 2003. [<http://www.divx.com>], (consulté le 16 mars 2003).
- (8) GARANCE D. *Adobe Photoshop 7*. Paris : CampusPress, 2002, 344p.
- (9) LE DANVIC S. *DVD*. [en-ligne], Dernière mise à jour le 27 janvier 2002, [http://membres.lycos.fr/dvdwwwledanvic/Contenu_dvd.html#Titre3], (consulté le 8 Février 2003).
- (10) LIPSITZ D, BAILEY CS. Lateral approach for cervical spinal cord decompression. *Progress in veterinary neurology*, 1992, **3**, 39-44.
- (11) MOISSONNIER P, DICKELE G, LAVIELLE S. Abord du plexus brachial et de ses racines médullaires crânielles chez le chien. *Le point vétérinaire*, 1995, **27**, 53-65.
- (12) PERSIDSKY A. *Macromedia Director 8*. Paris : CampusPress, 2000, 412p.
- (13) PIERMATTEI DL. *Voies d'abord en chirurgie ostéo-articulaire du chien et du chat*. Maisons-Alfort : Editions du Point Vétérinaire, 1992, 336p.
- (14) RATIER C. *Guide de recommandations ergonomiques pour la conception et l'évaluation d'interfaces graphiques*. Toulouse : Direction des systèmes d'information du Centre National de Recherche Scientifique, 2000, 54p.
- (15) RATIER C. *Sensibilisation à la démarche d'analyse du travail*. Toulouse : Direction des systèmes d'information du Centre National de Recherche Scientifique, 2000, 48p.

(16) SOHM JC. *CD-ROM et multimédia*. [en-ligne], Novembre 1996, St Martin d'Hères : Centre d'Etudes et de Ressources des Industries Graphiques.
[<http://magenta.efpg.inpg.fr/icg/Dossiers/CDR/DST-CDR11-96-04.html>], (consulté le 10 Février 2003).

(17) WHEELER SJ, SHARP NJH. *Small animal spinal disorders*. London : Mosby-Wolfe, 1994, 224p.

Annexes

Annexe 1 : Liste des illustrations

Liste des figures :

Figure 1 : Démarche de conception d'un CD-ROM

Figure 2 : Structure du CD ROM

Figure 3: Présentation de l'arborescence du CD-ROM

Figure 4 : Illustration de la règle des tiers

Figure 5 : Illustration de la faible profondeur de champ en mode macrophotographie

Figure 6 : Dispositif de fixation de la caméra DV sur le scialytique

Figure 7 : Interface du logiciel d'acquisition vidéo Studio DV

Figure 8 : Traitement des schémas par le logiciel Photoshop

Figure 9 : Traitement des photographies par le logiciel Photoshop

Figure 10 : Accès à la commande de filtres du logiciel VirtualDub

Figure 11 : Paramétrage des filtres de désentrelacement et niveaux du logiciel VirtualDub

Figure 12 : Choix du codec proposé par le logiciel VirtualDub

Figure 13 : Capture d'écran du menu principal du codec DivX 5.02 Pro

Figure 14: Capture d'écran du menu des paramètres généraux du codec DivX 5.02 Pro

Figure 15 : Capture d'écran du menu des paramètres avancés du codec DivX 5.02 Pro

Figure 16 : Capture d'écran du menu de gestion des paramètres du codec DivX 5.02 Pro

Figure 17 : Exemple d'éléments de l'interface de navigation créés séparément

Figure 18 : Capture d'écran de l'introduction du logiciel « Les voies d'abord de la moelle épinière »

Figure 19 : Capture d'écran du sommaire du logiciel « Les voies d'abord de la moelle épinière »

Figure 20 : Capture d'écran de la partie Chirurgie du rachis du logiciel « Les voies d'abord de la moelle épinière »

Figure 21 : Capture d'écran de la partie Compatibilité du système du logiciel « Les voies d'abord de la moelle épinière »

Figure 22 : Capture d'écran de la partie Compatibilité du système du logiciel « Les voies d'abord de la moelle épinière »

Figure 23 : Capture d'écran de l'image de fond de la partie Aide générale du logiciel « Les voies d'abord de la moelle épinière »

Figure 24 : Projet de pochette du CD-ROM les voies d'abord de la moelle épinière

Liste des tableaux :

Tableau 1: Les principaux critères de choix de la caméra DV

Tableau 2: Caractéristiques de la configuration utilisée pour la conception du CD-ROM

Tableau 3: Les principaux programmes utilisés pour la conception du logiciel

Tableau 4 : Recommandations des associations entre la forme du curseur et les actions

Tableau 5 : Présentation des principaux réglages de l'appareil photographique numérique

Tableau 6 : Etude comparée des codecs vidéo utilisables

Tableau 7 : Les principaux paramètres utilisés pour la compression des vidéos

Annexe 2 : Questionnaire d'enquête

Les résultats du questionnaire apparaissent en caractères gras et en italique.

Thème 1 : la formation post-universitaire en général

Vous allez dans un premier temps prendre connaissance d'un certain nombre d'affirmations portant sur la formation post-universitaire relative à votre métier de vétérinaire.

Pour chacune d'entre elles, vous exprimerez votre accord ou votre désaccord, à l'aide du tableau figurant ci-dessous (mettre une croix dans la colonne correspondant à votre réponse)

Q1- Pour moi, la formation post universitaire est					
	Pas du tout d'accord	Plutôt pas d'accord	Ni d'accord, ni pas d'accord	Plutôt d'accord	Tout à fait d'accord
a- une nécessité	0	0	0	17	54
b- une habitude	7	6	10	27	19
c- une ouverture d'esprit	1	0	7	26	35
d- autre *					

* précisez votre réponse : ***Indispensable, motivante, une exigence***

Q2- Actuellement, je souhaite prioritairement me former pour					
	Pas du tout d'accord	Plutôt pas d'accord	Ni d'accord, ni pas d'accord	Plutôt d'accord	Tout à fait d'accord
a- solutionner des problèmes quotidiens	5	4	5	27	31
b- soigner des pathologies rares	5	10	23	20	11
c- actualiser mes connaissances sur ma ou mes spécialisations	1	2	7	21	40
d- m'ouvrir sur d'autres types de méthodes	0	3	3	32	30
e- autre *					

* précisez votre réponse : ***Découverte, prolonger sa formation, se spécialiser, suivre les évolutions des nouvelles techniques.***

Q3- Parmi les disciplines suivantes, quelle(s) est (sont) celle(s) sur lesquelles vous ressentez un besoin de formation post-universitaire

Cochez, à l'aide d'une croix, la ou les modalités qui corresponde(nt) à votre réponse

- a- médecine **54** b- chirurgie **50**
 c- imagerie **53** d- médecine alternative **18**
 e- autre * **11**

* précisez votre réponse :

Q4- En reprenant les disciplines citées en question Q3, classez par ordre de préférence celles que vous avez choisies (par exemple, la classification 1 correspondant à la discipline que vous préférez)

	1	2	3	4	5
a- médecine	36	12	10	4	3
b- imagerie	19	24	17	2	2
c- chirurgie	8	27	22	5	1
d- médecine alternative	2	4	9	25	5
e- autre *					

*si autre, précisez votre réponse _____

Q5- Parmi les pathologies suivantes, quelle(s) sont celles sur lesquelles vous vous formez actuellement ou sur lesquelles vous souhaiteriez à l'avenir suivre une formation ? (cochez la ou les bonnes réponses dans le tableau)

	Q5- les pathologies sur lesquelles je me forme actuellement	Q6- les pathologies sur lesquelles je souhaiterais à l'avenir me former
a- infectieuses	20	14
b- parasitaires	21	15
c- respiratoires	21	23
d- cardiaques	30	32
e- digestives	20	19
f- immunologiques	15	25
g- urinaires	20	19
h- endocrinologiques	15	26
i- de la reproduction	10	18
j- système nerveux et appareil locomoteur	23	26
k- tumorales	29	19
l- dermatologiques		
m- gastro-entérologiques	18	18
n- ophtalmologiques	21	20
o- autres *		

*si autre, précisez votre réponse : **Comportement, gériatrie.**

Thème 2 : les moyens de formation post-universitaire

Q7- Quels sont les moyens ou supports de formation que vous utilisez le plus actuellement ?

	Jamais 1	2	3	4	Très fréquemment 5
a- les congrès	11	10	26	15	9
b- les conférences	6	8	28	13	16
c- les livres	0	6	13	16	37
d- les magazines professionnels	2	4	4	13	49
e- les articles de recherche	12	16	15	12	14
f- les CD roms	20	22	14	5	6
g- internet (e-learning)	40	10	10	4	3
h- autres moyens*					

*précisez votre réponse : *Contacts personnels, formations à domicile, stages externes pratiques.*

Q8- Parmi les moyens ou supports de formation que vous utilisez et que vous avez cités précédemment, exprimez votre niveau actuel de satisfaction

	Pas du tout satisfait	Plutôt insatisfait	Ni satisfait, ni insatisfait	Plutôt satisfait	Tout à fait satisfait
a- les congrès	2	6	14	29	12
b- les conférences	0	1	7	38	18
c- les livres	0	1	6	42	18
d- les magazines professionnels	1	3	7	37	18
e- les articles de recherche	1	8	19	22	9
f- les CD roms	3	7	13	19	8
g- internet (e-learning)	8	6	11	12	4
h- autres moyens*					

* précisez votre réponse :

Q9- Parmi les moyens ou supports de formation que vous utilisez et que vous avez cités précédemment (question Q6), veuillez exprimer à l'aide du tableau figurant ci-dessous votre appréciation de leur niveau actuel d'efficacité

	Tout à fait inefficace	Plutôt inefficace	Ni efficace, ni inefficace	Plutôt efficace	Tout à fait efficace
a- les congrès	2	3	13	34	9
b- les conférences	0	0	6	41	19
c- les livres	0	0	4	38	27
d- les magazines professionnels	1	2	6	42	16
e- les articles de recherche	2	4	19	26	8
f- les CD roms	3	2	15	27	5
g- internet (e-learning)	7	7	12	15	4
h- autres moyens*					

* précisez votre réponse

Q10- Vous allez maintenant prendre connaissance d'un certain nombre d'affirmations sur les critères que l'on peut prendre en compte dans la décision d'achat d'un moyen ou support de formation.

Vous exprimerez votre niveau d'accord ou de désaccord avec chaque affirmation

Pour moi, les critères suivants sont essentiels à l'achat d'un produit ou support de formation					
	Pas du tout d'accord	Plutôt pas d'accord	Ni d'accord, ni pas d'accord	Plutôt d'accord	Tout à fait d'accord
a- le prix	2	4	8	32	26
b- la durée à consacrer à la formation	1	0	6	26	29
c- la réputation de son auteur/concepteur	3	5	16	30	17
d- la facilité à l'utiliser	0	0	5	31	34
e- la facilité à se le procurer	1	3	21	27	18
f- autre*					

* précisez votre réponse : **La nouveauté des informations**

Q11- Comment êtes-vous en règle général informé(e) sur les moyens ou supports de formation post-universitaire ? (cochez la ou les réponses qui vous convient (conviennent))

- | | | | |
|--|-----------|---|-----------|
| a- <input type="checkbox"/> magazines professionnels | 64 | b- <input type="checkbox"/> publications de recherche | 14 |
| c- <input type="checkbox"/> par courrier | 48 | d- <input type="checkbox"/> sur internet (sites) | 11 |
| e- <input type="checkbox"/> lors de congrès | 26 | f- <input type="checkbox"/> conférences | 20 |
| g- <input type="checkbox"/> visiteurs médicaux (laboratoires) | 40 | | |
| h- <input type="checkbox"/> autre (précisez : Bouche à oreille, confrères, relations professionnelles) | 6 | | |

Q12- Combien de fois allez vous à une conférence/congrès ?

- | | |
|---|-----------|
| a- <input type="checkbox"/> Une fois par mois | 6 |
| b- <input type="checkbox"/> Une fois tous les deux mois | 23 |
| c- <input type="checkbox"/> Une fois tous les 6 mois | 30 |
| d- <input type="checkbox"/> Une fois par an | 8 |
| e- <input type="checkbox"/> Autre (précisez : Une à deux fois par mois, jamais, une fois tous les trois mois) | 3 |

Q13- Combien de manuels de formation achetez-vous en moyenne par an ?

- | | |
|--|-----------|
| a- <input type="checkbox"/> 0 | 2 |
| b- <input type="checkbox"/> 1 à 3 | 43 |
| c- <input type="checkbox"/> 4 à 7 | 23 |
| d- <input type="checkbox"/> 8 à 11 | 3 |
| e- <input type="checkbox"/> 12 et plus | 1 |

Q14- Combien de magazines d'information différents lisez-vous par mois ?

- | | |
|---------------------------------------|-----------|
| a- <input type="checkbox"/> 0 | 0 |
| b- <input type="checkbox"/> 1 | 8 |
| c- <input type="checkbox"/> 2 à 3 | 43 |
| d- <input type="checkbox"/> 4 à 5 | 19 |
| e- <input type="checkbox"/> 6 et plus | 2 |

Q15- Quel budget allouez-vous à votre formation personnelle par an ?

- Moins de 2500 Frs (380 €) **19**
- Plus de 2500 Frs mais moins de 5000 Frs (entre 380 € et 760 €). **30**
- Plus de 5000 Frs mais moins de 7500 Frs (entre 760 € et 1140 €) **12**
- plus de 7500 Frs (plus de 1140 €) **9**

Rapport-Gratuit.com

Thème 3 : la formation sur les voies d'abord de la moelle épinière

Q16- Effectuez-vous actuellement des opérations chirurgicales au niveau de la moelle épinière ?

- a- oui (*allez à la question Q18*) **5**
 b- non (*allez à la question Q17*) **67**

Q17- pour quelle(s) raison(s) (*cochez la ou les réponses qui vous convient (conviennent)*)

- a- la demande est faible **40**
 b- je manque actuellement de moyens pour le faire **31**
 c- je manque de connaissances sur ce sujet **45**
 d- les résultats que j'ai déjà obtenus sont peu probants **3**
 e- autre (précisez : *activité de l'un des associés, demande réduite, participation d'un chirurgien itinérant, non spécialisé, plus simple de référer*) **18**

d) Allez désormais à la question Q19

Q18- Seriez-vous intéressé(e) par une formation plus spécifique sur la moelle épinière ?

- a- Pas du tout intéressé(e) **0** b- Peu intéressé(e) **3**
 c- Sans opinion **0** d- Assez intéressé(e) **2**
 e- Très intéressé(e) **2**

Q19- Pour moi, un CD-ROM me permettant de me former à la chirurgie de la moelle épinière serait

.....

	Pas du tout d'accord	Plutôt pas d'accord	Ni d'accord, ni pas d'accord	Plutôt d'accord	Tout à fait d'accord
a- facile à utiliser	6	6	12	20	21
b- intéressant	3	4	10	28	21
c- essentiel	18	14	20	10	2
d- approprié	9	7	24	19	5
e- attractif	6	8	18	18	15
f- autre*					

* précisez votre réponse : **Concis, inintéressant, insuffisant.**

Q20- quel (s) est (sont) selon vous le ou les éléments(s) parmi la liste suivante à faire figurer dans avec un CD-ROM de formation à la chirurgie de la moelle épinière ?

- a- photos **60** b- vidéos/sons **58**
 c- interviews de spécialistes **18** d- textes **34**
 e- cas pratique(s) **61** f- exercices et solutions **39**
 g- schémas **59** h- images de synthèse **34**
 i- manuel d'utilisation **34** j- livre d'accompagnement **35**
 k- contrôles de connaissance **27** l- autre suggestion **24**
 *si autre, veuillez préciser

Q21 – veuillez indiquer, dans le tableau ci-dessous, quelle serait selon vous l'efficacité pour votre formation de ces éléments dans un CD-ROM

	Pas du tout efficace	Peu efficace	Ni efficace, ni inefficace	Plutôt efficace	Tout à fait efficace
a- photos	1	1	4	41	19
b- vidéos/sons	0	4	3	26	34
c- interviews	10	17	18	14	3
d- textes	3	3	14	33	10
e- cas pratiques	0	0	2	26	37
f- exercices et solutions	0	6	10	23	24
g- schémas	0	2	5	36	22
h- images de synthèse	0	4	17	23	18
i- manuel d'utilisation	0	9	12	30	9
j- livre d'accompagnement	3	11	7	26	9
k- contrôles de connaissances	4	11	10	19	12
i- autre suggestion*					

*si autre, précisez votre réponse :

Q22- quelle place doit à votre avis prendre la technique d'imagerie au sein de cette formation à la chirurgie « moelle épinière » sur Cd-Rom ?

- a- Une partie succincte sur le même Cd-Rom **20**
- b- Un Cd-Rom supplémentaire détaillé **42**
- c- Aucune **3**
- d- Autre (précisez) : une partie conséquente sur le même CD-ROM **3**

Q23- Pour un CD-ROM de formation à la chirurgie « moelle épinière », seriez-vous prêt à :

- a- Le louer (*allez à la question Q26*) **13**
- b- Le télécharger (*allez à la question Q26*) **27**
- c- L'acheter (*allez à la question Q24*) **26**

Q24- En cas d'achat, par quel intermédiaire plus particulièrement souhaiteriez-vous l'acquérir ?

- a- par le biais d'un laboratoire **14**
- b- par le biais d'une annonce dans la presse professionnelle **3**
- c- par le biais d'une annonce en congrès **1**
- d- en commande directe auprès du producteur/concepteur **5**
- e- Autre (précisez) : **Centrale d'achat, librairie spécialisée** **7**

Q25- A quel prix seriez-vous prêt(e) à acquérir ce CD-ROM ?

- a- Moins de 300 fr. **14**
- b- De 300 fr. à 500 fr. **7**
- c- De 500 fr. à 700 fr. **7**
- d- De 700 fr. à 1000 fr. **2**
- e- Plus de 1000 fr. **0**

Q26- Pensez-vous qu'un CD-ROM de formation à la chirurgie « moelle épinière », distribué gratuitement par un laboratoire sponsor serait crédible ?

- a- Pas crédible **0**
- b- Peu crédible **2**
- c- Sans opinion **16**
- d- Assez crédible **34**
- e- Très crédible **0**

Q27- dans l'hypothèse où vous chercheriez à vous procurer un CD-ROM de formation « moelle épinière », quel serait selon vous le médium d'information le plus crédible ?

- a- magazines professionnels **42**
- b- publications de recherche **1**
- c- par courrier **8**
- d- sur internet (sites) **1**
- e- lors de congrès **5**
- f- conférences **2**
- g- visiteurs médicaux (laboratoires) **5**
- h- autre (précisez : **Bouche à oreille, centrale d'achat, e-mail**) **5**

Q28- dans l'hypothèse où vous souhaiteriez acquérir ce CD-ROM, la publicité sur ce produit vous gênerait-elle ?

<i>Pas du tout</i>					<i>Enormément</i>
1	2	3	4	5	
44	6	11	4	3	

Q29- dans l'hypothèse où vous souhaiteriez acquérir ce CD-ROM, la participation d'un laboratoire lors de son élaboration vous gênerait-elle ?

<i>Pas du tout</i>					<i>Enormément</i>
1	2	3	4	5	
47	14	5	2	0	

Nous vous remercions d'avoir répondu à ce questionnaire. Merci de répondre pour conclure à ces quelques questions en toute confidentialité.

Q30- de quelle école êtes-vous diplômé(e) ?

- a- ENV Maison Alfort **48**
- b- ENV Toulouse **2**
- c- ENV Nantes **4**
- d- ENV Lyon **2**
- e- Autre (précisez) : **Belgique, Italie** **15**

Q31- sexe a- femme **21** b- homme **51**

Q32- âge a- 20-30 ans **6** b- 31-40 ans **26** c- 41-50 ans **23**
d- 51-60 ans **14** e- plus de 61 ans **2**

Annexe 3 : Exemple de fiches élaborées pour chaque voie d'abord

ABORD DORSAL DE LA PARTIE MOYENNE DE LA COLONNE CERVICALE	
INDICATIONS	
PREPARATION ET POSITION DE L'ANIMAL	Décubitus sternal. Un sac de sable sous l'encolure permet d'obtenir une flexion. L'intubation de l'animal est nécessaire.
REPERES ANATOMIQUES	
SITE D'INCISION CUTANEE	Dans le plans médian, de la protubérance occipitale externe jusqu'à la première vertèbre thoracique. Incision du tissu conjonctif sous-cutané et mise en place des écarteurs.
INCISION DU RAPHE MEDIAN	Le raphé médian est incisé et la dissection est approfondie jusqu'à l'apparition du ligament nucal.
INCISIONS MUSCULAIRES	Les muscles grand droit de la tête, les muscles épineux, semi-épineux et multifide du cou sont incisés à coté du ligament nucal, le long des processus épineux.
DESINSERTIONS MUSCULAIRES	Les muscles précédemment cités sont désinsérés par élévation périostée et réclinés. Cette étape doit s'arrêter à la face latérale du processus articulaire afin d'éviter toute lésion des branches de l'artère vertébrale.
DESINSERTION LIGAMENTAIRE	Désinsertion du ligament nucal sur le processus épineux de l'axis et réclinaison.

ABORD DORSAL DES 1 ^{ERE} ET 2 ^{EME} VERTEBRES CERVICALES	
INDICATIONS	
PREPARATION ET POSITION DE L'ANIMAL	Décubitus ventral Sac de sable sous le cou
REPERES ANATOMIQUES	Protubérance occipitale 4 ^{eme} vertèbre cervicale
SITE D'INCISION CUTANEE	Dans le plan médian, de la protubérance occipitale à la 3 ^{eme} ou 4 ^{eme} vertèbre cervicale. La peau est libérée des plans profonds. Mise en place des écarteurs
INCISION DU FASCIA SOUS-CUTANE	Dans le plan médian, de la protubérance occipitale à la 3 ^{eme} ou 4 ^{eme} vertèbre cervicale. Mise en évidence des muscles occipitaux, cervico-scutulaires et cervico-auriculaires
INCISIONS MUSCULAIRES	Incision des muscles occipitaux, cervico-scutulaires et cervico-auriculaires au niveau du raphé médian. Désinsertion et réclinaison
DISSECTION PROFONDE	Séparation des muscles biventer cervicis et droit de la tête Désinsertion et dissection mousse du m. droit de la tête sur le processus épineux de l'axis L'artère vertébrale est préservée. Incision du ligament jaune entre C1 et C2 et au dessus du foramen magnum

ABORD DORSAL DES VERTEBRES THORACIQUES ET LOMBAIRES	
INDICATIONS	
PREPARATION ET POSITION DE L'ANIMAL	Décubitus ventral.
REPERES ANATOMIQUES	Processus épineux des 2 vertèbres situées en avant et en arrière du site d'intervention
SITE D'INCISION CUTANEE	A 1 cm de la ligne médiane, 2 vertèbres en avant et 2 vertèbres en arrière de celle abordée.
INCISIONS SUPERFICIELLES	Incision de la graisse et du conjonctif sous-cutané. Incision du fascia dorso-lombaire et du ligament supra-épineux au tour de chaque processus épineux.
INCISIONS MUSCULAIRES	Section des insertions des muscles multifides sur chaque processus épineux. Désinsertion (d'arrière en avant) de ces muscles sur la lame vertébrale. Elle est bilatérale en cas de laminectomie et unilatérale en cas d'hémi laminectomie. Dans ce dernier cas il faut procéder à l'incision de l'insertion du muscle multifide sur le processus mamillaire tout en protégeant les éléments vasculo-nerveux à proximité.
DISSECTION PROFONDE	Hémi-laminectomie : réclinaison latérale des muscles.

ABORD DORSAL DE LA 7 ^{EME} VERTEBRE LOMBAIRE ET DU SACRUM	
INDICATIONS	
PREPARATION ET POSITION DE L'ANIMAL	Décubitus ventral
REPERES ANATOMIQUES	Processus épineux de L6. La crête du sacrum.
SITE D'INCISION CUTANEE DU FASCIA	Dans le plan médian, l'incision cutanée s'étend de L6 jusqu'à la fin de la crête sacrale.
INCISIONS MUSCULAIRES	Le tissu conjonctif sous-cutané et le fascia superficiel sont incisés dans le plan médian. Mise en place des écarteurs.
INCISION DES FASCIAS PROFONDS	Les fascias glutéal profond et caudal sont incisés autour des processus épineux.
DESINSERTION MUSCULAIRE	Les muscles sacro-coccygiens sont incisés autour des processus épineux. Leur désinsertion est réalisée à l'aide d'un élévateur à périoste. D'abord orientée dans le sens caudo-cranial, elle est poursuivie latéralement vers les processus articulaires de L7-S1, cranialement et caudalement vers la crête sacrale intermédiaire.
SECTION DU LIGAMENT JAUNE	L'incision du ligament interarc entre L7 et S1 permet d'accéder aux nerfs de la queue de cheval.

ABORD VENTRAL DES 1 ^{ERE} ET 2 ^{EME} VERTEBRES CERVICALES	
INDICATIONS	
PREPARATION ET POSITION DE L'ANIMAL	Décubitus dorsal, antérieurs en supination Cou en extension Préparation de la région proximale de l'humérus
REPERES ANATOMIQUES	
SITE D'INCISION CUTANEE	Crânial jusqu'au larynx
INCISION DU FASCIA SUPERFICIEL	Mise en évidence des muscles sterno-hyoïdiens
RECLINAISON DES MUSCLES STERNO-HYOÏDIENS	Mise en évidence de la trachée. Les muscles sternothyroïdiens apparaissent dans la partie craniale de l'incision
ISOLEMENT DU MUSCLE STERNOTHYROÏDIEN ET DESINSERTION DU PROCESSUS THYROÏDE DU LARYNX	Une portion suffisante de muscle doit être conservée sur le processus. La thyroïde doit être protégée (éléments vasculaires)
RECLINAISON DU LARYNX ET DE LA TRACHEE	Electrocoagulation de petits vaisseaux Réclinaison du nerf laryngé récurrent Réclinaison des muscles, de l'artère carotide, de la veine jugulaire et du tronc vago-sympathique.
SECTION DU FASCIA PROFOND	Mise en évidence des muscles longs du cou et de leur insertion sur le processus ventral de C1.
SECTION DES MUSCLES LONGS DU COU	Après repérage par palpation du processus ventral de C1, les muscles longs du cou sont sectionnés le plus près possible de cet élément
DESINSERTION DES FIBRES MUSCULAIRES DE L'ARC VENTRAL DE C1 ET DU CORPS DE C2	Mise en évidence des articulations et ponction de la membrane synoviale

ABORD VENTRAL DES VERTEBRES CERVICALES ET DES DISQUES INTERVERTEBRAUX 2 A 7	
INDICATIONS	
PREPARATION ET POSITION DE L'ANIMAL	Décubitus dorsal, antérieurs en supination Cou en extension Préparation de la région proximale de l'humérus
REPERES ANATOMIQUES	Manubrium sternal Processus transverse de L6 Ailes de l'atlas
SITE D'INCISION CUTANEE	Dans le plan médian, du manubrium jusqu'aux larynx. Incision du fascia superficiel Mise en place des écarteurs La veine de la thyroïde est préservée
INCISIONS MUSCULAIRES	Dans le plan médian, elle concerne les muscles sterno-hyoïdiens et la partie mastoïdienne du m. sterno-céphaliques
RECLINAISON DES MUSCLES STERNO-HYOÏDIENS ET STERNO-CEPHALIQUES	Mise en évidence de la trachée, de l'œsophage, du fascia cervical profond, du tronc carotidien et de la veine jugulaire interne
DISSECTION MOUSSE DU FASCIA CERVICAL PROFOND AU CONTACT DE LA TRACHEE	Prendre garde au nerf laryngé récurrent. Mise en évidence du muscle long du cou
INDENTIFICATION DES ESPACES INTERVERTEBRAUX	Palpation des processus transverses de C6, du processus ventral de C5
INCISION DES MUSCLES LONGS DU COU	Incision transversale sur leur insertion sur le processus ventral de C1. Dissection des fibres musculaires recouvrant les crêtes vertébrales permettant un accès aux disques intervertébraux
FENESTRATION DISCALE	Après ponction du ligament longitudinal ventral et de l'anneau fibreux l'ouverture est agrandie

