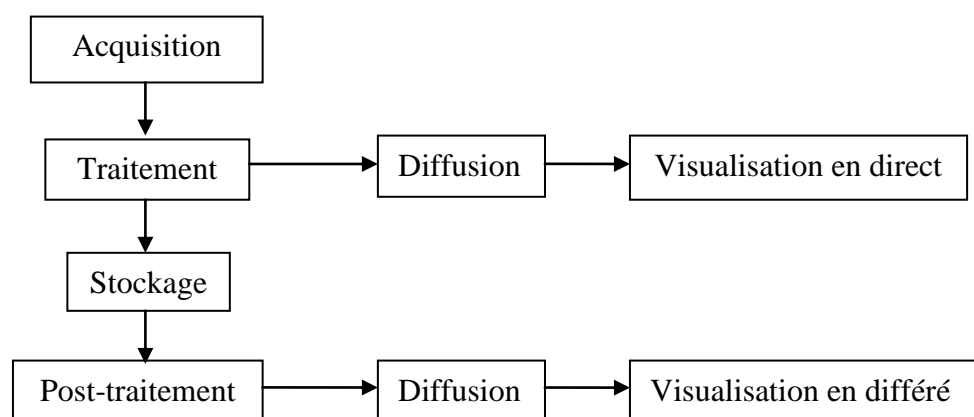


Première partie : Cahier des charges pour un équipement audiovisuel à vocation pédagogique performant en bloc opératoire vétérinaire

L'exploitation audiovisuelle des chirurgies va suivre un procédé allant de l'enregistrement dans le bloc, à la visualisation en direct et en différé, selon la figure 1 suivante.

Figure 1 : Cheminement des données audiovisuelles de l'acquisition à la visualisation.



A. Exigences quant à l'enregistrement vidéo en bloc chirurgical

Le maillon initial d'un équipement audiovisuel en bloc opératoire est bien sûr la caméra vidéo qui permettra l'enregistrement de l'acte chirurgical. La qualité des images capturées dépendra bien sûr de la caméra mais il est indispensable d'utiliser un éclairage approprié.

1) Exigences quant au matériel d'éclairage

Même sans équipement audiovisuel, tout bloc opératoire vétérinaire est nécessairement doté d'un éclairage chirurgical sans quoi la luminosité du champ opératoire serait insuffisante pour le chirurgien. Nous ne détaillerons donc pas les caractéristiques nécessaires d'un éclairage utilisé seul. En revanche, certaines caractéristiques techniques doivent être étudiées si l'éclairage est couplé à un système d'enregistrement.

Tout d'abord, la quantité de la lumière en elle-même doit être suffisante pour le capteur de la caméra. Même avec un système de capture de qualité, une chirurgie mal éclairée donnera des images sombres, avec un mauvais contraste et un grain d'image marqué. Il faudra donc sélectionner des modèles suffisamment puissants (intensité lumineuse, notée en lumens).

Ensuite, la qualité de la lumière doit permettre de bien distinguer les différents tissus exposés par la chirurgie, grâce à un bon rendu des couleurs. Ce dernier dépend essentiellement du spectre de la lumière émise par l'éclairage. On choisira donc le modèle selon sa température de couleur (notée en Kelvins), ainsi que son indice de rendu des couleurs (IRC), le plus proche de 100 possible.

Le bloc opératoire est une pièce dans laquelle la multiplication des appareils et de leurs supports pourraient gêner le chirurgien dans son travail. En conséquence, pour une ergonomie maximale, on privilégiera les systèmes d'éclairage sur lesquels on peut directement adapter la caméra et le câblage. D'autre part, pour un résultat optimal, l'éclairage et la caméra devraient cibler le même point. Cette direction étant choisie par le chirurgien en cours d'opération sans rompre l'asepsie, on souhaitera donc pouvoir intégrer la caméra au scialytique, par exemple dans la poignée.

Concernant l'orientation, l'éclairage doit pouvoir être facilement dirigé vers la zone à filmer. Il faudra donc un scialytique à bras articulé avec un maximum d'amplitude de mouvement.

2) Exigences quant à la caméra vidéo

La caméra est le maillon initial du système audiovisuel. On ne doit donc évidemment pas négliger la qualité des images que celle-ci peut générer.

Le système doit comprendre au moins une caméra dirigée vers le champ opératoire. Pour cela le plus simple et le plus pratique étant de la placer dans le scialytique comme précédemment mentionné. On choisira donc de préférence un modèle intégrable dans la poignée.

Une seconde caméra pourrait être ajoutée afin d'obtenir des plans plus larges du bloc opératoire car il peut être pédagogique de montrer des éléments visuels dépassant du champ opératoire. Par exemple le changement de position d'un membre, la préparation d'un instrument, ou encore un geste du chirurgien. Cette caméra d'ambiance peut être placée dans un angle de la pièce, ou encore rester mobile pour pouvoir filmer n'importe quel élément de la pièce. Pour une telle utilisation, on pourra se contenter d'un caméscope classique manipulé par une tierce personne ou fixé sur un pied de caméra.

Sans hésitation, on exigera une caméra numérique pour tous les avantages qu'on lui connaît dans d'autres domaines. En effet, on bénéficiera d'une grande liberté d'édition de la vidéo, de solutions de stockage peu encombrantes, d'une diffusion facilitée des films à travers de multiples supports (disque dur, clé USB, DVD, réseau privé, internet...).

La partie de la caméra la plus importante est le capteur, car c'est lui qui va transformer les rayons lumineux qui forment l'image en signal électrique. Il doit être adapté aux contraintes du bloc opératoire. En effet, il fonctionnera dans un environnement lumineux. De plus, on souhaite l'intégrer et cela sera plus aisé s'il est petit.

Il existe deux grandes familles de capteurs : CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor) et CCD (Charged-Couple Device). Le CMOS présente des avantages qui nous intéressent : il offre plus de possibilités de miniaturisation, et moins de sensibilité à l'éblouissement. Cependant, on ne se bornera pas au CMOS car les capteurs CCD offrent toujours certains avantages vis-à-vis du contexte chirurgical comme un niveau de bruit (aspect piqué en couleur de l'image dans les zones sombres) plus faible en basse lumière (cas de figure ne devant pas se présenter si le scialytique est performant), et une plus faible dispersion. De plus, même si les capteurs CMOS offrent plus de possibilités de miniaturisation, les CCD restent de taille raisonnable.

Le dernier point de décision pour le capteur est le choix entre basse et haute définition. La haute définition (HD) permet d'augmenter la quantité d'information présente (1920*1080 pixels en haute définition contre 768*576 pixels en définition classique) et donc offre un confort visuel incomparable (par l'amélioration de la qualité de l'image), ainsi que de possibilités de recadrage numérique de meilleure qualité. Mais la limitation principale reste le prix d'un système de capture HD. Le choix se fera donc en fonction du budget alloué pour cet équipement.

Le centrage de la vidéo sera défini par la position du scialytique mais le cadrage correct ne sera obtenu qu'à condition d'utiliser un zoom. On privilégiera un zoom optique qui préservera la résolution de l'image obtenue, contrairement à un zoom numérique. Un recadrage secondaire pourra être effectué sur ordinateur. Durant la chirurgie, le zoom optique doit pouvoir être réglé par le chirurgien, et donc offrir une interface manuelle stérile, ou bien un jeu de pédales afin de ne pas porter atteinte à l'asepsie.

On peut se poser la question de l'utilité d'enregistrer le son ambiant en même temps que la chirurgie. Dans un premier temps, celui-ci n'est pas indispensable pour plusieurs raisons. En effet, pour les personnes se trouvant à proximité immédiate (dans le bloc en question), l'environnement sonore et les commentaires du chirurgien sont déjà audibles. D'autre part, pour une utilisation pédagogique différée, le son a besoin d'être retravaillé (élimination des bruits et conversations parasites à la chirurgie), et les commentaires formulables a posteriori sont considérés comme de meilleure qualité que les explications per opératoires. Nous avons donc considéré la prise de son comme secondaire, à condition de pouvoir ajouter une bande son sur la vidéo finale. Cependant, il est préférable d'anticiper l'installation d'un système d'enregistrement du son en prévoyant le câblage adapté lors de la mise en place du matériel vidéo.

Les commentaires sonores pourront être ajoutés soit de vive voix lors d'une diffusion du film, soit enregistrés à l'aide d'un simple micro sur un ordinateur, et ajoutés à la bande vidéo grâce à un logiciel de montage (par exemple Windows Movie Maker©, Microsoft Co. ©).

B. Exigences quant à la diffusion des vidéos opératoires

Etant donné le but pédagogique de l'installation, ainsi que les nombreuses applications que l'on souhaite développer, il est impératif de prévoir les moyens de faire visionner les vidéos obtenues aux étudiants, stagiaires ou encore praticiens en formation.

Le visionnage doit être possible non seulement en direct, mais aussi a posteriori, et à la fois sur place et à distance du bloc opératoire. Il faut donc décider des moyens mis en œuvre pour atteindre ces objectifs.

1) Exigences quant à la diffusion locale en de la vidéo en direct

Nous parlions plus haut de l'interface qui permettrait au chirurgien de cadrer la vidéo lui-même. Elle implique d'installer un écran qu'il puisse voir sans contraintes. On peut donc envisager un écran mobile, afin qu'il puisse être placé près du champ opératoire. Ainsi, un modèle arrimé à la base du scalytique par un bras articulé offrirait un maximum d'ergonomie. Cet écran se devra d'être de taille suffisante (17 voire 19 pouces de diagonale active serait un minimum). On limitera son poids et l'encadrement grâce à l'utilisation d'un écran LCD plutôt que cathodique.

Ce premier moniteur pourra également être visible pour les personnes situées près du chirurgien. On ne négligera donc pas l'angle de visibilité de l'image.

2) Exigences quant à la diffusion distante de la vidéo en direct

L'étude de Hotokezaka *et al.* (4) a montré que l'acte chirurgical était significativement mieux visualisé par les étudiants grâce à l'utilisation d'un écran dédié à cette fonction. Il est donc impératif de prévoir un écran spécifique, que l'on pourra placer à proximité du bloc opératoire, voire dans le bloc lui-même. Le fait de l'installer dans une salle adjacente permet à plus de personnes d'en profiter car l'espace est restreint dans le bloc et le stationnement des étudiants y serait gênant. Cela reste tout de même envisageable pour un public restreint, avec un bloc opératoire vaste.

Il nous a donc semblé intéressant de pouvoir regarder la chirurgie en direct, mais depuis une salle distante du bloc opératoire pour éviter toute gêne pour le chirurgien, lui-même pouvant limiter la visibilité de l'écran durant la chirurgie.

Si l'on souhaite pouvoir visionner la chirurgie en cours sur un seul écran, on peut transposer le système de diffusion locale immédiate décrit précédemment. Il suffirait dans ce cas de relier la caméra (ou la voie de commande) à un moniteur distant par un simple câble vidéo (de type dépendant du modèle de caméra et des entrées disponibles sur l'écran). On choisira un écran mural, plat et de grande taille si le budget le permet. Une dalle de type « plasma » représente un budget plus conséquent, mais offre une qualité d'image accrue si cette dernière est en mouvement. En effet, elle atteint ses limites sur des images fixes qui altéreront l'écran et laisseront un « fantôme » transparaître. La

technologie LCD (écran à cristaux liquides) peut être une alternative moins coûteuse, et sera celle que nous sélectionnerons. Cet écran sera placé dans une pièce peu lumineuse, sans exposition directe de l'écran à la lumière du jour, afin de ne pas en altérer la visualisation.

En revanche, dans une structure plus importante, si on souhaite pouvoir regarder la vidéo en direct depuis plusieurs lieux en même temps, cela implique d'être équipé d'un réseau informatique. En effet, en utilisant le câblage existant (par exemple pour la gestion des dossiers médicaux ou bien le partage d'une connexion internet), on pourrait se connecter à la caméra depuis n'importe quel ordinateur. Cela implique plusieurs contraintes techniques spécifiques à cette application : on aura besoin d'une machine qui traitera le signal vidéo de la caméra pour l'envoyer sur le réseau, ainsi que d'un logiciel (visualiseur) installé sur chaque ordinateur du réseau pour pouvoir recevoir le signal et afficher le film de la chirurgie, tout cela en direct.

3) Exigences quant à la diffusion distante de la vidéo en différé

Le fait de filmer un acte chirurgical offre, selon les modalités décrites précédemment, la possibilité pour plusieurs personnes de visualiser l'opération de manière immédiate. Mais pour une utilisation pédagogique optimale, l'équipement doit permettre l'utilisation des films a posteriori afin d'en faire profiter un maximum d'étudiants ou praticiens en formation. Cela implique le stockage et l'indexation des vidéos tournées au bloc.

A la sortie de la caméra, on souhaitera bénéficier d'une machine capable de recevoir le flux d'images et le traiter de telle sorte qu'il puisse être à la fois stocké et diffusé. Nous avons donc besoin d'un encodeur en temps réel. En effet, même avec une caméra de résolution classique et encore plus avec une caméra haute définition, une vidéo représente une quantité de données très volumineuse (environ 13Go par heure de vidéo en DV PAL). Or on souhaite utiliser quotidiennement le système d'enregistrement. Il faut donc compresser la vidéo au fur et à mesure que la caméra filme, tout en conservant une qualité d'image optimale.

Il serait intéressant que l'encodeur puisse traiter les images issues aussi bien de la caméra de champ, d'ambiance, ou encore de l'endoscope, avec une possibilité de sélectionner la source pendant la chirurgie.

L'encodeur devra livrer un signal de vidéo compressée (donc des informations moins lourdes à stocker et à véhiculer sur un réseau) dans un format permettant de retravailler les vidéos a posteriori afin d'effectuer de la sélection de séquences voire un montage plus complexe.

Ces vidéos compressées doivent être stockées dans l'attente de leur post-traitement ou de leur visualisation à l'état brut. Il faut donc prévoir un serveur relié à l'encodeur et au reste du réseau de diffusion. Ce serveur devra avoir une capacité de stockage suffisante.

La consultation des vidéos telles qu'elles seront stockées sur le serveur devra pouvoir se faire de plusieurs façons. En effet, il y aura d'une part les enseignants qui pourront exploiter ces vidéos pour les retraiter (par exemple en vue de les diffuser à un cours), et d'autre part les étudiants qui voudront simplement visionner les vidéos. L'étude précédemment citée de Hotokezaka et al. (4) a montré l'amélioration significative de la technique chirurgicale grâce à la présentation de la vidéo par un professeur, comparée à la simple présence dans le bloc.

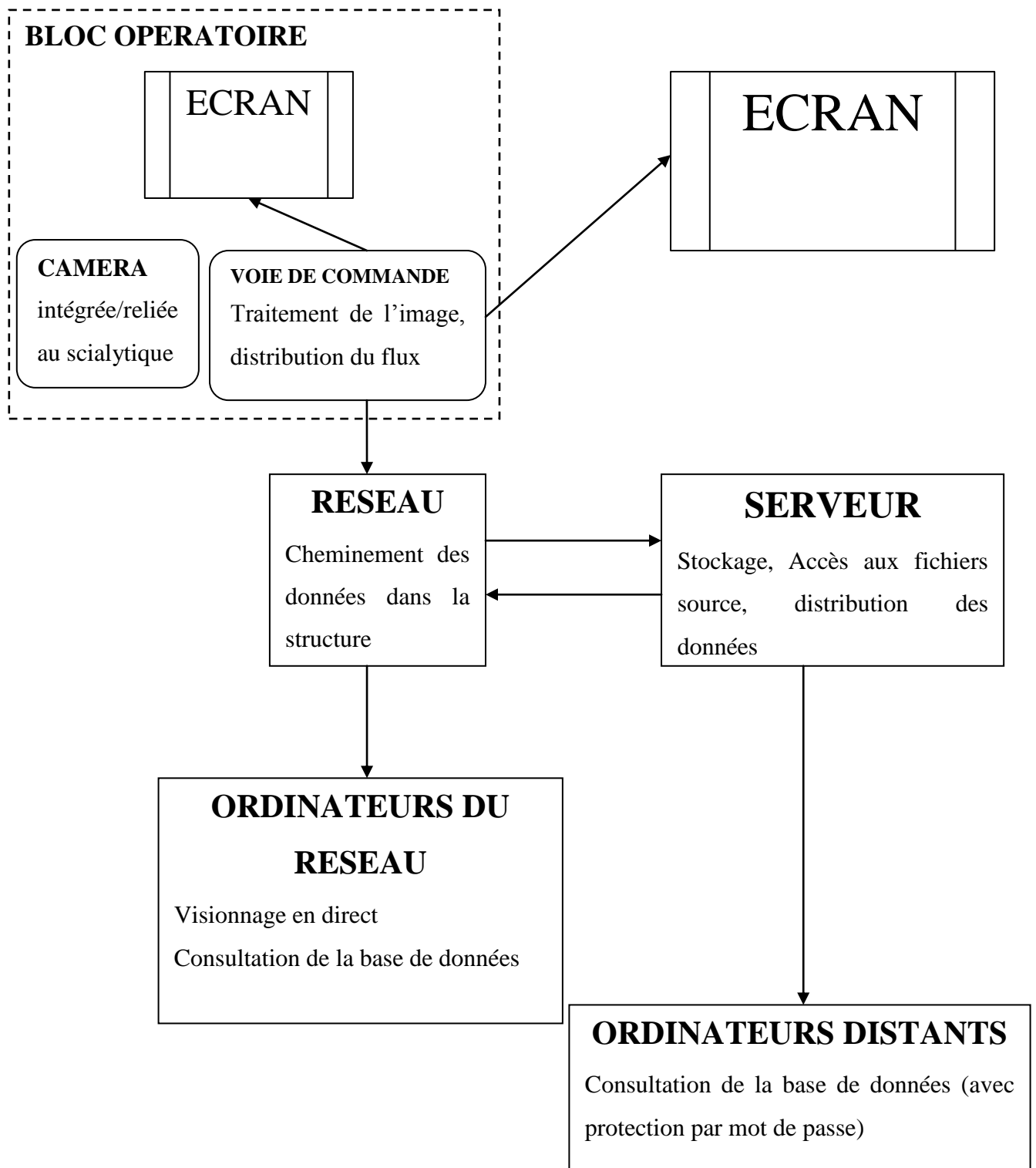
Dans le premier cas de figure, les vidéos devront donc pouvoir être copiées vers un ordinateur où le montage sera effectué. Dans le second, on peut envisager de mettre en place une interface spécifique (type lecteur flash dans le navigateur web par exemple), ou bien un accès simple aux fichiers, mais en lecture seule. Pour pouvoir sécuriser les fichiers, on peut imaginer de réserver l'accès aux fichiers source sur un seul ordinateur à un nombre limité de personnes (enseignants par exemple), et dans un second temps un accès libre à la consultation simple des vidéos via le site internet de l'école (en streaming), avec contrôle d'accès par mot de passe individuel. On notera que la présence d'un informaticien risque d'être indispensable au bon fonctionnement de ce serveur. Ce type d'exploitation du système audiovisuel chirurgical s'adresse donc vraiment aux structures universitaires.

La mise en avant des différents éléments nécessaires pour atteindre nos objectifs nous permet d'établir un cahier des charges concernant l'équipement à choisir. Nous seront donc nécessaires :

- Un scialytique fournissant une lumière quantitativement et qualitativement suffisante pour la caméra,
- Une caméra produisant des images de qualité dans l'environnement chirurgical, et facilement intégrable à un bloc opératoire,
- Un système de traitement de l'image permettant sa diffusion et son stockage,
- Et enfin un dispositif de visualisation.

La structure globale de la solution audiovisuelle souhaitée est présentée par la figure 2.

Figure 2 : Schéma du fonctionnement d'ensemble de la solution audiovisuelle souhaitée.



MCours.com