



HAL
open science

Élaboration d'un modèle de simulation à visée pédagogique de l'examen oculaire du cheval

Evanne Julien

► **To cite this version:**

Evanne Julien. Élaboration d'un modèle de simulation à visée pédagogique de l'examen oculaire du cheval. Sciences du Vivant [q-bio]. 2022. dumas-03860338

HAL Id: dumas-03860338

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03860338>

Submitted on 11 Jan 2023

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

CAMPUS VÉTÉRINAIRE DE LYON

Année 2022 - Thèse n° 068

*ELABORATION D'UN MODELE DE SIMULATION
A VISEE PEDAGOGIQUE DE
L'EXAMEN OCULAIRE DU CHEVAL*

THESE

Présentée à l'Université Claude Bernard Lyon 1
(Médecine – Pharmacie)

Et soutenue publiquement le 24 octobre 2022
Pour obtenir le titre de Docteur Vétérinaire

Par

JULIEN Evanne

CAMPUS VÉTÉRINAIRE DE LYON

Année 2022 - Thèse n° 068

***ELABORATION D'UN MODELE DE SIMULATION
A VISEE PEDAGOGIQUE DE
L'EXAMEN OCULAIRE DU CHEVAL***

THESE

Présentée à l'Université Claude Bernard Lyon 1
(Médecine – Pharmacie)

Et soutenue publiquement le 24 octobre 2022
Pour obtenir le titre de Docteur Vétérinaire

Par

JULIEN Evanne

Liste des enseignants du Campus vétérinaire de Lyon (26-01-2022)

Mme	ABITBOL	Marie	Professeure
M.	ALVES-DE-OLIVEIRA	Laurent	Maître de conférences
Mme	ARCANGIOLI	Marie-Anne	Professeure
Mme	AYRAL	Florence	Maître de conférences
Mme	BECKER	Claire	Maître de conférences
Mme	BELLUCO	Sara	Maître de conférences
Mme	BENAMOU-SMITH	Agnès	Maître de conférences
M.	BENOIT	Etienne	Professeur
M.	BERNY	Philippe	Professeur
Mme	BONNET-GARIN	Jeanne-Marie	Professeure
M.	BOURGOIN	Gilles	Maître de conférences
M.	BRUTO	Maxime	Maître de conférences Stagiaire
M.	BRUYERE	Pierre	Maître de conférences
M.	BUFF	Samuel	Professeur
M.	BURONFOSSE	Thierry	Professeur
M.	CACHON	Thibaut	Maître de conférences
M.	CADORÉ	Jean-Luc	Professeur
Mme	CALLAIT-CARDINAL	Marie-Pierre	Professeure
M.	CHABANNE	Luc	Professeur
Mme	CHALVET-MONFRAY	Karine	Professeure
M.	CHAMEL	Gabriel	Maître de conférences
M.	CHETOT	Thomas	Maître de conférences Stagiaire
Mme	DE BOYER DES ROCHES	Alice	Maître de conférences
Mme	DELIGNETTE-MULLER	Marie-Laure	Professeure
Mme	DJELOUADJI	Zorée	Professeure
Mme	ESCRIOU	Catherine	Maître de conférences
M.	FRIKHA	Mohamed-Ridha	Maître de conférences
M.	GALIA	Wessam	Maître de conférences
M.	GILLET	Benoit	AERC
Mme	GILOT-FROMONT	Emmanuelle	Professeure
M.	GONTHIER	Alain	Maître de conférences
Mme	GREZEL	Delphine	Maître de conférences
Mme	HUGONNARD	Marine	Maître de conférences
Mme	JOSSON-SCHRAMME	Anne	Chargé d'enseignement contractuel
M.	JUNOT	Stéphane	Professeur
M.	KODJO	Angeli	Professeur
Mme	KRAFFT	Emilie	Maître de conférences
Mme	LAABERKI	Maria-Halima	Maître de conférences
Mme	LAMBERT	Véronique	Maître de conférences
Mme	LE GRAND	Dominique	Professeure
Mme	LEBLOND	Agnès	Professeure
Mme	LEDoux	Dorothée	Maître de conférences
M.	LEFEBVRE	Sébastien	Maître de conférences
Mme	LEFRANC-POHL	Anne-Cécile	Maître de conférences
M.	LEGROS	Vincent	Maître de conférences
M.	LEPAGE	Olivier	Professeur
Mme	LOUZIER	Vanessa	Professeure
M.	LURIER	Thibaut	Maître de conférences Stagiaire
M.	MAGNIN	Mathieu	Maître de conférences Stagiaire
M.	MARCHAL	Thierry	Professeur
Mme	MOSCA	Marion	Maître de conférences
M.	MOUNIER	Luc	Professeur
Mme	PEROZ	Carole	Maître de conférences
M.	PIN	Didier	Professeur
Mme	PONCE	Frédérique	Professeur
Mme	PORTIER	Karine	Professeure
Mme	POUZOT-NEVORET	Céline	Maître de conférences
Mme	PROUILLAC	Caroline	Professeure
Mme	REMY	Denise	Professeure
Mme	RENE MARTELLET	Magalie	Maître de conférences
M.	ROGER	Thierry	Professeur
M.	SAWAYA	Serge	Maître de conférences
M.	SCHRAMME	Michael	Professeur
Mme	SERGEANTET	Delphine	Professeure
M.	TORTEREAU	Antonin	Maître de conférences
Mme	VICTONI	Tatiana	Maître de conférences
M.	VIGUIER	Eric	Professeur
Mme	VIRIEUX-WATRELOT	Dorothée	Chargé d'enseignement contractuel
M.	ZENNER	Lionel	Professeur

REMERCIEMENTS JURY

A Madame la Professeure Carole BURILLON,

De l'Université Claude Bernard Lyon 1, Faculté de médecine de Lyon,
Qui nous a fait l'honneur d'accepter la présidence de ce jury de thèse.
Merci pour l'intérêt que vous portez à ce projet, mes hommages les plus respectueux.

A Monsieur le Professeur Jean-Luc CADORE,

De VetAgroSup, campus vétérinaire de Lyon,
Qui m'a offert la possibilité de travailler sur ce projet de thèse.
Merci de m'avoir soutenue et conseillée tout le long de son élaboration.

A Madame la Professeure Jeanne-Marie BONNET,

De VetAgroSup, campus vétérinaire de Lyon,
Qui nous fait l'honneur de participer au jury de cette thèse.
Mes sincères remerciements.

A Monsieur le Docteur Stéphane LICHAN,

De la clinique de la Risle à Pont Audemer,
Qui nous fait l'honneur de participer au jury de cette thèse.
Merci pour ton soutien infailible depuis toutes ces années, tes conseils et ton aide tout au long de ce projet.

TABLE DES MATIERES

TABLE DES ANNEXES.....	13
TABLE DES FIGURES.....	15
TABLE DES TABLEAUX.....	17
TABLES DES ABBREVIATIONS.....	19
INTRODUCTION.....	21
Partie I – L'examen oculaire et ses particularités chez le cheval.....	23
A. Motif de consultation, commémoratifs et anamnèse.....	24
B. Conditions de l'examen oculaire.....	24
1. Lieu d'examen.....	24
2. Matériel.....	25
3. Abord et contention du cheval.....	26
a) Abord du cheval.....	26
b) Contention générale du cheval.....	27
i) Contention physique.....	27
ii) Sédation.....	27
c) Manipulation des paupières du cheval lors de l'examen rapproché.....	27
i) Rôle du muscle orbiculaire des paupières.....	27
ii) Technique d'ouverture manuelle des paupières.....	28
iii) Bloc auriculo-palpébral.....	29
C. Evaluation de la vision.....	29
D. Examen à distance.....	30
E. Examen rapproché.....	30
1. Examen des annexes.....	30
a) Examen de l'orbite.....	30
b) Examen des paupières externes et des cils.....	31
c) Examen de la membrane nictitante.....	33
d) Examen des conjonctives.....	34
e) Examen des sécrétions oculaires.....	35
f) Examen du système lacrymal.....	36
i) Evaluation de la production lacrymale.....	36
ii) Evaluation du drainage lacrymal.....	37
2. Examen du globe oculaire.....	38
a) Examen de la cornée.....	38
b) Examen de la chambre antérieure.....	39
c) Examen de l'iris et des corps ciliaires (uvéa antérieure).....	40

d) Examen du cristallin	42
e) Examen du vitré.....	43
f) Examen du fond d’œil	43
Partie II – Intérêts et objectifs de l’élaboration d’un modèle de simulation à l’examen oculaire du cheval	49
A. Intérêts de la création d’un modèle de simulation à l’examen oculaire du cheval	50
1. Intérêt pédagogique dans la formation vétérinaire.....	50
a) Enseignement de l’ophtalmologie sur le campus vétérinaire de VetAgroSup.....	50
b) Intégration de la simulation à l’enseignement vétérinaire	53
c) L’utilisation de la simulation dans l’enseignement vétérinaire de l’ophtalmologie	54
2. Intérêt pédagogique dans le secteur équestre	58
3. Intérêt éthique : le respect du bien-être animal.....	58
B) Objectifs pédagogiques du modèle de simulation à l’examen oculaire du cheval	59
Partie III – Construction du modèle de simulation à l’examen oculaire du cheval et bilan	61
A) Construction du modèle HORSE (Horse Ophthalmology Reliable Simulation Element).....	62
1. Construction du support du modèle	62
a) Forme générale du support.....	62
b) Modélisation du nez en silicone.....	62
i) Procédure d’utilisation du silicone	62
ii) Moulage du nez	63
c) Modélisation de l’orbite gauche	64
d) Assemblage du support et modélisation de l’orbite droite	64
2. Création de l’œil physiologique fixe, relié au système lacrymal, et mise en place de l’atelier de pose de cathéter sous-palpébral.....	66
a) Modélisation du globe oculaire.....	66
i) Modélisation du segment antérieur.....	66
ii) Modélisation du segment postérieur	67
b) Modélisation des annexes oculaires	69
i) Modélisation des paupières et des canalicules lacrymaux	69
ii) Modélisation des cils et des vibrisses.....	70
iii) Modélisation de la membrane nictitante.....	71
c) Assemblage de l’œil physiologique	72
d) Création de l’atelier « Pose de cathéter sous-palpébral »	72
3. Création des yeux interchangeables	73
a) Œil n°1 : Sarcoïde palpébrale et subalbinisme.....	73
b) Œil n°2 : Entropion, ulcère cornéen et chorioïdite.....	73
c) Œil n°3 : Carcinome de la 3 ^{ème} paupière et abcès cornéen	74
d) Œil n°4 : Uvéite antérieure aiguë	75

e) Œil n°5 : Carcinome palpébral, début de cataracte et chorioretinite	76
f) Œil n°6 : Uvéite chronique stade avancé	77
4. Intérêt pédagogique de chaque œil du modèle HORSE	77
5. Aspect final du modèle HORSE.....	78
B) Bilan concernant le modèle HORSE.....	79
1. Coût de fabrication du modèle HORSE.....	79
2. Difficultés rencontrées lors de la conception du modèle HORSE	82
3. Validation de l'intérêt pédagogique du modèle HORSE	83
4. Limites du modèle	85
CONCLUSION	87
BIBLIOGRAPHIE.....	89
ANNEXES.....	91

TABLE DES ANNEXES

Annexe 1 - Questionnaire à destination des étudiants de A4, A5 et A6 de VetAgroSup (E. JULIEN)

Annexe 2 - Fiche méthodologique sur l'utilisation du modèle HORSE (Horse Ophtalmology Reliable Simulation Element) (E. JULIEN)

Annexe 3 : Carnet de fiches aide (E. JULIEN)

Annexe 4 - Fiche méthodologique sur le sondage des voies lacrymales (E. JULIEN)

Annexe 5 - Fiche méthodologique sur la pose d'un cathéter sous-palpébral (E. JULIEN)

Annexe 6 - Fiche méthodologique sur l'utilisation d'un cathéter sous palpébral (E. JULIEN)

TABLE DES FIGURES

Figure 1 - Matériel nécessaire à l'examen oculaire du cheval	25
Figure 2 - Décomposition du champ visuel du cheval (Vandeweerd et Masciulli 2019)	26
Figure 3 - Les muscles mobilisateurs des paupières (Vandeweerd et Masciulli 2019)	28
Figure 4 - Technique d'ouverture des paupières du cheval (photographie originale JULIEN Evanne) .	28
Figure 5 - Localisation des trois sites d'injection possibles pour la réalisation du bloc auriculo-palpébral (Gilger 2011).....	29
Figure 6 - Orbite du cheval, photographie modifiée (Samuelson Don A. 2013)	31
Figure 7 - Entropion de la paupière inférieure (Gilger, 2011)	32
Figure 8 - Carcinomes squameux palpébraux (Gelatt, Gilger, et Kern 2013).....	32
Figure 9 - Cathéter sous-palpébral (Gilger, 2011)	33
Figure 10 - Technique de procidence manuelle de la membrane nictitante (photographie originale JULIEN Evanne).....	33
Figure 11 - Carcinome épidermoïde et procidence de la membrane nictitante (photographie originale JULIEN Evanne).....	34
Figure 12 - Conjonctivite (photographie originale E. JULIEN)	35
Figure 13 - Sécrétions oculaires muco-purulentes témoignant d'une surinfection bactérienne dans un contexte d'obstruction des voies lacrymales (Gilger, 2011)	35
Figure 14 - Les voies lacrymales du cheval (Budras, Sack, et Röck 2009)	36
Figure 15 - Sondage lacrymal (Gilger, 2011)	37
Figure 16 - Images de Purkinje-Samson (schéma original JULIEN Evanne).....	38
Figure 17 - Ulcère cornéen fibrosé avec œdème périphérique au niveau de la cornée (photographie originale JULIEN Evanne).....	39
Figure 18 - Abscess cornéen, œdème cornéen, présence de fibrine dans la chambre antérieure, dans un contexte d'uvéite (photographie originale JULIEN Evanne).....	39
Figure 19 - Grains iriens sur le bord pupillaire (Gilger 2011)	40
Figure 20 - Phase active de l'uvéite récidivante avec conjonctivite, myosis, débris de fibrine dans la chambre antérieure et léger œdème cornéen (Gelatt, Gilger, et Kern 2013)	42
Figure 21- Cicatrices d'uvéite récidivante avec hyperpigmentation irienne, atrophie des grains iriens, synéchies irido-cristalliniennes et cataracte (Gelatt, Gilger, et Kern 2013).....	42
Figure 22 - Subluxation du cristallin et cataracte (Gilger, 2011).....	42
Figure 23 - Hyalite avec débris de fibrine jaunes/verts (Gilger, 2011).....	43
Figure 24 - Fond d'œil normal du cheval en ophtalmoscopie directe (schéma original JULIEN Evanne)	44
Figure 25 - Variations physiologiques du fond d'œil (Gilger, 2011).....	45
Figure 26 - Affections du fond d'œil (Gelatt, Gilger, et Kern 2013)	46
Figure 27 – Auto-évaluation des étudiants de A5 et A6 concernant leurs connaissances théoriques sur le déroulé de l'examen oculaire du cheval (réponse au questionnaire annexe 1, E. JULIEN)	51
Figure 28 - Auto-évaluation des étudiants de A5 et A6 concernant leur maîtrise des différents actes de l'examen oculaire du cheval (réponse au questionnaire annexe 1, E. JULIEN).....	52
Figure 29 - Proportion d'étudiants de A5 et A6 ayant déjà réalisé un examen oculaire sur un cheval (réponse au questionnaire annexe 1, E. JULIEN).....	53
Figure 30 - Modèle de simulation à l'examen du fond d'œil de chien (Nibblett et al. 2015)	54
Figure 31 - Modèle HOT-Dog avec exemple de l'oeil subalbinos de Berger Australien et de la luxation de la glande nictitante (Weissner 2020)	55
Figure 32 - Apports pédagogiques retenus par les étudiants ayant utilisé le modèle HOT-Dog (réponse au questionnaire annexe 1, E. JULIEN).....	56
Figure 33 - Appréhensions des étudiants de A5 et A6 face à la réalisation d'un examen oculaire sur un cheval (réponse au questionnaire annexe 1, E. JULIEN)	57

Figure 34 - Proportion des étudiants de A4, A5 ou A6 intéressés par la mise en place d'un modèle de simulation spécifique à l'examen oculaire du cheval (réponse au questionnaire annexe 1, E. JULIEN)	57
Figure 35 - Découpe du support (photographies originales E. JULIEN)	62
Figure 36 - Présentation du silicone Dragon Skin FX-Pro, des pigments de couleur pour silicone et de la pompe à vide (photographies originales E. JULIEN)	63
Figure 37 - Moulage des naseaux en silicone après empreinte du nez dans l'alginate et création d'un passage pour le canal lacrymal dans la narine gauche (photographies originales E. JULIEN)	63
Figure 38 - Modélisation 3D puis impression, avec une imprimante FDM, d'un moule permettant le moulage de l'arrière des yeux ainsi que la fixation de l'œil physiologique dans le support (photographies originales E. JULIEN)	64
Figure 39 - Détourage des yeux et des naseaux puis fixation de l'œil physiologique au niveau de l'orbite gauche (photographies originales E. JULIEN)	64
Figure 40 - Moulage en mastic armé de l'orbite droite, réceptacle des yeux interchangeables (photographies originales E. JULIEN)	65
Figure 41 - Installation du nez en silicone et connexion des voies lacrymales (photographies originales E. JULIEN)	65
Figure 42 - Retouche d'une photographie d'iris grâce au logiciel GIMP afin d'extraire puis de recréer une iris complète (retouche photographique par E. JULIEN)	66
Figure 43 - Modélisation du segment antérieur du globe (photographies originales E. JULIEN)	67
Figure 44 - Travail de reconstruction de photographie de fond d'œil sur GIMP (retouche photographique par E. JULIEN)	67
Figure 45 - Impression de fond d'œil par hydrodipping (photographies originales E. JULIEN)	68
Figure 46 - Moules des paupières imprimés en 3D (photographie originale E. JULIEN)	69
Figure 47 - Moulage des paupières avec canalicules lacrymaux (photographies originales E. JULIEN)	70
Figure 48 - Mise en place et fixation des faux cils (photographies originales E. JULIEN)	70
Figure 49 - Mise en place de vibrisses à l'aide d'une aiguille de couture (photographies originales E. JULIEN)	71
Figure 50 - Fixation de la troisième paupière (photographies originales E. JULIEN)	71
Figure 51 - Moulage de l'arrière de l'œil et aspect final de l'œil physiologique en place (photographies originales E. JULIEN)	72
Figure 52 - Mise en place d'une tubulure guide pour l'atelier "Pose d'un cathéter sous-palpébral" au niveau de la paupière supérieure de l'œil physiologique (photographies originales E. JULIEN)	72
Figure 53 - Modélisation de sarcoïdes palpébraux, et du subalbinisme (photographies originales E. JULIEN)	73
Figure 54 - Modélisation de l'entropion (photographies originales E. JULIEN)	73
Figure 55 - Modélisation d'un ulcère cornéen (photographies originales E. JULIEN)	74
Figure 56 - Modélisation de la chorioïdite "en aile de papillon" (photographies originales E. JULIEN)	74
Figure 57 - Modélisation d'un carcinome de la 3ème paupière (photographies originales E. JULIEN)	75
Figure 58 - Modélisation d'un abcès cornéen (photographies originales E. JULIEN)	75
Figure 59 - Modélisation d'une uvéite antérieure active (photographies originales E. JULIEN)	76
Figure 60 - Modélisation d'un carcinome palpébral (photographie originale E. JULIEN)	76
Figure 61 - Modélisation d'un début de cataracte et d'une chorioïdite "en bouton de culotte" (photographies originales E. JULIEN)	76
Figure 62 - Modélisation d'une uvéite chronique stade avancé (photographies originales E. JULIEN)	77
Figure 63 -- Aspect final du modèle (photographies originales E. JULIEN)	78

TABLE DES TABLEAUX

Tableau I - Synthèse des différents signes cliniques associés à une uvéite en fonction de la durée d'évolution	41
Tableau II - Compétences pédagogiques intégrées au modèle.....	57
Tableau III - Intérêt pédagogique de chaque œil du modèle HORSE.....	76
Tableau IV - Liste et coût du matériel utilisé pour la conception de chaque élément d'un modèle HORSE.....	78
Tableau V - Liste et coût du matériel utilisé plus généralement pour la conception d'un modèle HORSE.....	80

TABLES DES ABBREVIATIONS

3D - 3 Dimensions

FDM - Fused Deposition Modeling

HORSE - Horse Ophthalmology Reliable Simulation Element

SLA - StereoLithography Apparatus

INTRODUCTION

L'ophtalmologie en médecine vétérinaire équine tient une place importante. En effet, les affections oculaires constituent, chez le cheval, un motif fréquent de consultation. Les connaissances et techniques liées à cette pratique se sont considérablement développées ces dernières années, révélant des enjeux multiples : à la fois éthiques, économiques, et techniques.

Tout d'abord, l'éthique concerne l'animal et son bien-être. Les affections oculaires sont douloureuses et peuvent rapidement évoluer en urgence médicale. Ainsi, une bonne prise en charge influe fortement sur le pronostic et le bien-être de l'animal.

D'un point de vue économique, si les soins médicaux liés aux affections oculaires représentent un coût pour le propriétaire, la baisse d'activité du cheval malade entraîne également des répercussions financières. De plus, il est également important de mentionner qu'un examen oculaire et de la vision doit être réalisé de manière systématique lors des visites d'achats.

Enfin, sur le plan technique, l'ophtalmologie, du fait de la complexité anatomique et physiologique de l'œil, est une discipline nécessitant une formation théorique et pratique exhaustive, adaptée aux particularités de chaque espèce. Or, le cursus vétérinaire étant pluridisciplinaire, il n'évoque que trop succinctement la pratique de l'examen oculaire du cheval.

Le développement de la simulation dans l'apprentissage des gestes techniques médicaux est un réel atout dans la formation des étudiants. A ce jour, la salle de simulation du campus vétérinaire de VetAgroSup regorge d'ateliers divers et variés, dont un atelier, ayant fait l'objet d'une thèse vétérinaire soutenue en 2020 par la Dr. Vet. Morgane WEISSNER, sur l'examen oculaire chez le chien (Weissner 2020).

L'objectif de cette présente thèse, est de compléter son travail, en élaborant un modèle de simulation à l'examen oculaire chez le cheval, afin de mettre en avant les particularités de l'espèce équine.

La première partie de ce manuscrit vise à détailler la conduite et les particularités de l'examen oculaire du cheval. La seconde a pour but d'étudier les intérêts et objectifs de la création d'un modèle de simulation à l'examen oculaire du cheval répondant aux attentes du référentiel pédagogique du cursus vétérinaire. Enfin, la troisième et dernière partie décrit les étapes de la fabrication d'un tel modèle, et propose un bilan global sur ce modèle.

Partie I – L'examen oculaire et ses particularités chez le cheval

Les grandes lignes de la conduite de l'examen oculaire du cheval sont similaires à celles des carnivores domestiques. Il convient d'obtenir un ensemble de renseignements sur le cheval auprès du propriétaire et d'examiner l'œil dans sa globalité, en commençant par les annexes oculaires (orbite, paupières, cils, système lacrymal, voies nerveuses, etc...) puis en s'attardant sur le globe oculaire. Il est important de connaître et de maîtriser les particularités éthologiques, anatomiques et physiologiques du cheval afin d'adapter le déroulement de l'examen. C'est pourquoi nous détaillerons dans cette partie l'ensemble des étapes de l'examen oculaire en s'attardant sur ses particularités chez cheval.

Cette première partie s'appuie sur des ouvrages d'ophtalmologie (Barnett et al. 2004; Gilger 2011; Launois et al. 2019; Gelatt, Gilger, et Kern 2013) et sur un ouvrage d'éthologie du cheval (Fraser 2010).

A. Motif de consultation, commémoratifs et anamnèse

Le motif de consultation correspond à ce que le propriétaire du cheval trouve anormal chez son animal au moment de la prise de rendez-vous. En ophtalmologie équine, les motifs les plus fréquents sont :

- Une altération partielle à totale et uni ou bilatérale de la vision ;
- La présence d'écoulement anormal uni ou bilatéral ;
- La manifestation de douleur unie ou bilatérale ;
- Une modification de l'aspect de(s) l'œil(yeux).

Avant de commencer tout examen, il convient d'obtenir les commémoratifs du cheval auprès de son propriétaire, à savoir :

- L'âge ;
- La race, car il existe de nombreuses prédispositions héréditaires connues, par exemple l'uvéite récidivante équine chez le cheval de race Appaloosa ;
- La robe et la couleur des yeux, car elles induisent des différences de coloration et d'aspect physiologique du fond d'œil ;
- Le milieu de vie, surtout lors de suspicion d'allergies ou de sensibilité aux UV ;
- Les affections oculaires et/ou extra-oculaires connues ;
- Les traitements reçus et/ou en cours.

Puis, l'anamnèse renseigne sur l'apparition des symptômes, leur nature et leur évolution.

Si la combinaison de toutes ces informations avec le motif de consultation permet parfois d'orienter le diagnostic, cela ne dispense en aucun cas la réalisation d'un l'examen oculaire complet.

B. Conditions de l'examen oculaire

1. Lieu d'examen

La première partie de l'examen se déroule à la lumière du jour au sein d'un espace ouvert (par exemple dans une carrière), dans lequel il est possible de faire se déplacer le cheval pour évaluer sa vision et faire un premier examen à distance

La seconde partie de l'examen est réalisée aux côtés de l'animal, elle requiert une semi-obscurité permettant ainsi l'utilisation du matériel d'ophtalmologie. Il est possible de se placer dans un box fermé.

Tout au long de l'examen, il est indispensable que l'espace soit suffisamment grand pour que le cheval ne soit pas trop à l'étroit. L'ambiance doit être la plus calme possible afin de limiter le stress de l'animal. Il est recommandé de faire intervenir le moins de personnes possible : une seule personne aidant le vétérinaire à la contention du cheval peut suffire.

2. Matériel

Le matériel de base pour l'examen oculaire du cheval est semblable à celui utilisé en ophtalmologie des carnivores, à savoir (les numéros correspondent aux éléments de la figure n°1) :

- Une source lumineuse focale (lampe stylo ou transilluminateur de Finoff) (1) ;
- Un ophtalmoscope direct ou ophtalmoscope indirect avec une lentille de 20 ou 30 dioptries (2) ;
- Une pince à conjonctive (pince à dents mousses) (3) ;
- Un liquide de lavage oculaire stérile (dacryosérum) (4) ;
- Des bandelettes de Schirmer (5) ;
- Des collyres (ophtaldoses ou bandelettes imprégnées) :
 - Colorants (fluorescéine, rose Bengale, vert de lissamine) (6) ;
 - Anesthésique local (oxybuprocaine) (7) ;
 - Mydriatiques (tropicamide, atropine) (8) ;
- De quoi réaliser des prélèvements :
 - Des écouvillons stériles (+/- avec milieu de transport) (9) ;
 - Des cyto-brosses (10) ;
 - Une spatule de Kimura pour les raclages conjonctivaux et cornéens ;
 - Des lames de verre (11).

Il faut ajouter à cette liste, le matériel d'ophtalmologie spécifique au cheval :

- Des sédatifs (α 2-agonistes) (12) ;
- De quoi faire des anesthésies loco-régionales :
 - Un anesthésique injectable (lidocaïne 2%) (13) ;
 - Des seringues de 2,5 mL montées d'aiguilles de 25 gauges (14) ;
- De quoi cathétériser et rincer les voies lacrymales :
 - Un anesthésique local (gel à base de lidocaïne) ;
 - Une sonde ou cathéter de petit diamètre (sonde urinaire pour chat) (15) ;
 - Une sonde ou cathéter de diamètre moyen (16) ;
 - Une canule lacrymale ;
 - Des seringues de 12 à 20mL (14).



Figure 1- Matériel nécessaire à l'examen oculaire du cheval
(les numéros font référence au paragraphe ci-dessus à l'exception du 17 et 18)
17. Ecarteurs de paupières 18. Releveur de paupière

Il est possible d'ajouter à cette liste d'autres équipements, non spécifiques au cheval et non indispensables, tels qu'un biomicroscope, un mesureur de tension oculaire ainsi que le matériel pour réaliser de l'imagerie (appareil de radiographie, échographe, produit de contraste, etc...).

3. Abord et contention du cheval

Le cheval est un animal proie. De nature craintive, il se sent facilement menacé et répond le plus souvent par la fuite et/ou l'agressivité (bousculade, coup de sabot, morsure, etc...) au risque de blesser les personnes qui l'entourent et de se blesser lui-même. Toute douleur est susceptible d'exacerber ce type de comportement. Lors de la consultation, le vétérinaire est responsable des personnes aidantes et du cheval. Il est de son devoir d'assurer, tout au long de l'examen, une bonne contention du cheval afin de maintenir un milieu sécurisant pour tous.

a) Abord du cheval

L'abord du cheval doit se faire dans le calme en l'absence de gestes brusques. Il est important de le prévenir de sa présence par des signaux sonores doux, puis de s'en approcher doucement en se plaçant dans son champ de vision.

Les orbites du cheval sont, contrairement à nos carnivores domestiques, en position plus latérale sur le crâne. L'angle formé par les axes des nerfs optiques des deux yeux est d'environ 40° chez le cheval contre 20° chez les carnivores domestiques, ce qui explique les particularités du champ visuel du cheval (Fig.2).

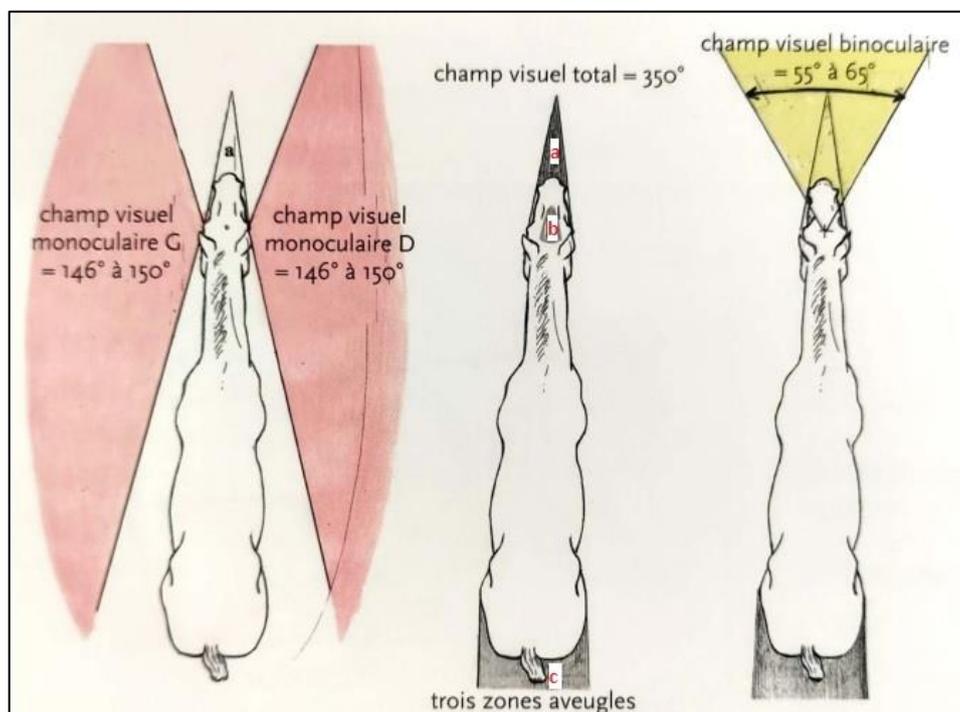


Figure 2 - Décomposition du champ visuel du cheval (Vandeweerd et Masciulli 2019)

(A gauche) Champ visuel monoculaire

(Au centre) Champ visuel total et zones aveugles : (a) rostrale, (b) frontale, (c) caudale

(A droite) Champ visuel binoculaire

Dans le cadre d'affection oculaire, il est possible que le champ de vision soit modifié. Lors de douleur oculaire, un blépharospasme (contraction involontaire spastique des paupières) peut se manifester, engendrant alors une réduction du champ de vision. L'opacification des dioptries (cornée et cristallin) et des milieux de l'œil (humeur aqueuse et vitré), et les affections de la rétine diminuent progressivement la qualité de la vision de l'animal, parfois jusqu'à la cécité. Il est donc nécessaire de traiter l'abord du cheval avec de la patience, car il conditionne la suite de l'examen et surtout, la sécurité de tous.

b) Contention générale du cheval

i) Contention physique

Certaines parties de l'examen oculaire nécessitent de manipuler le cheval et parfois d'effectuer des injections (sédation, anesthésie locale). Une bonne contention est alors nécessaire afin de garantir la sécurité de tous et la bonne réalisation des examens. Pour ce faire, le cheval est tenu à l'aide d'un licol et d'une longe par une personne annexe. Dans certains cas, sur des chevaux modérément agités, il est possible d'effectuer un pli de peau et/ou d'utiliser un tord-nez. Avec des animaux calmes et non douloureux, la réalisation de l'examen oculaire se fait sur cheval vigile, avec une simple contention physique.

ii) Sédation

De nombreux cas nécessitent l'ajout d'une sédation à la contention physique, en particulier pour des chevaux douloureux et/ou très agités. Si elle permet la diminution de la douleur et une meilleure réalisation de l'examen oculaire, la sédation augmente également considérablement la sécurité de tous. Les α 2-agonistes (xylazine, détomidine, romifidine) sont les molécules de choix chez le cheval. Elles associent des effets sédatif et antalgique. Il est possible de renforcer l'effet antalgique en y associant des morphiniques lorsque la douleur est très importante. Leur administration est réalisée en intra-veineuse lente.

c) Manipulation des paupières du cheval lors de l'examen rapproché

L'examen du globe et des annexes ainsi que l'administration de collyre requiert l'ouverture manuelle des paupières. Les paupières sont au nombre de trois : les deux paupières externes, respectivement inférieure et supérieure, et la 3^{ème} paupière communément appelée membrane nictitante. Les paupières externes protègent le globe des agressions extérieures, tandis que la membrane nictitante a pour fonction principale d'étaler le film lacrymal sur toute la surface de la cornée.

i) Rôle du muscle orbiculaire des paupières

Les paupières externes du cheval sont particulièrement toniques. Leur fermeture est permise par la contraction du muscle orbiculaire (*Fig.3*), qui en cas de douleur oculaire devient spastique (blépharospasme) et augmente d'autant plus la tonicité palpébrale. Le muscle orbiculaire des paupières est sous le contrôle du nerf auriculo-palpébral.

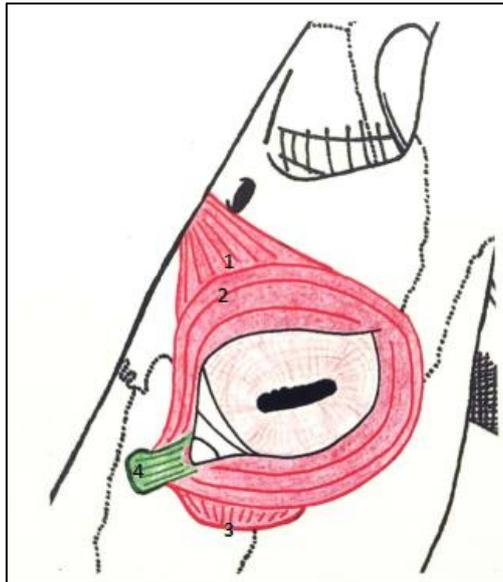


Figure 3 - Les muscles mobilisateurs des paupières (Vandeweerd et Masciulli 2019)

(1) Muscle frontal ; (2) Muscle orbiculaire des paupières ; (3) Muscle malaire ; (4) Ligament nasal

ii) Technique d'ouverture manuelle des paupières

L'ouverture des paupières se fait à une main (Fig.4). La tête du cheval est maintenue au licol la plus immobile possible. L'examineur place son index juste au-dessus du bord libre de la paupière supérieure, et son pouce juste en dessous du bord libre de la paupière inférieure. Il réalise une légère pression associée à un mouvement d'écartement de ses deux doigts. La conjonctive, la membrane nictitante et le globe sont alors visibles.

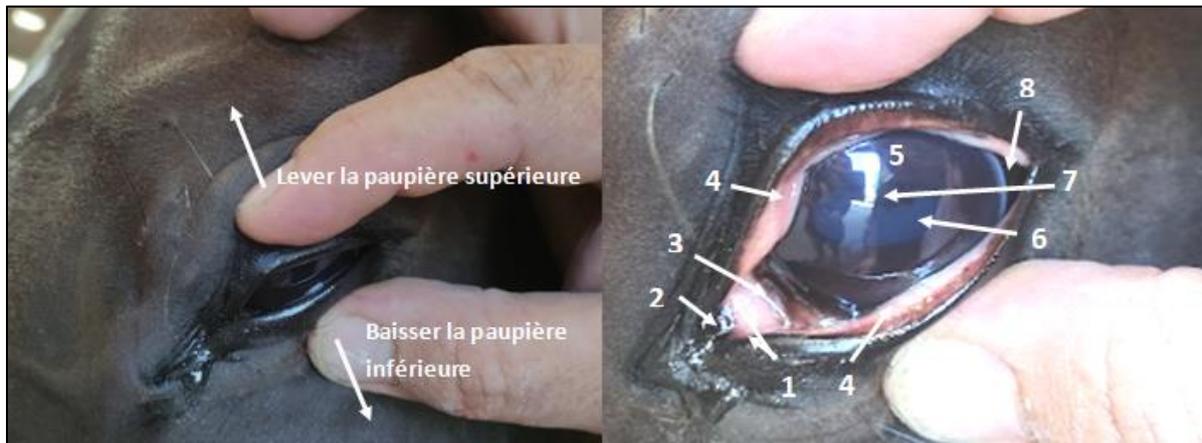


Figure 4 - Technique d'ouverture des paupières du cheval (photographie originale JULIEN Evanne)

(A gauche) Positionnement des doigts (les flèches indiquent le mouvement à effectuer)

(A droite) Position finale permettant l'observation des structures suivantes :

1. Points lacrymaux
2. Caroncule
3. Bord libre de la membrane nictitante
4. Conjonctives palpébrales
5. Cornée
6. Pupille
7. Grains iriens
8. Conjonctive bulbaire

iii) Bloc auriculo-palpébral

Il est très fréquent d'avoir recours à des anesthésies loco-régionales pour faciliter la réalisation de l'examen oculaire. Il existe de nombreux sites d'anesthésie permettant de réduire la mobilité et/ou la sensibilité des différentes régions périorbitaires. Certaines manipulations peuvent être risquées pour le cheval en l'absence d'anesthésies loco-régionale. Par exemple, lors l'ulcérations profonde de la cornée, l'ouverture forcée des paupières en blépharospasme provoque une augmentation de pression oculaire pouvant aboutir à une rupture du globe.

En pratique, le bloc auriculo-palpébral (anesthésie locale du nerf moteur auriculo-palpébral) est l'anesthésie la plus fréquemment réalisée dans le cadre d'un examen oculaire chez le cheval. Elle permet l'akinésie du muscle orbiculaire des paupières et facilite donc l'ouverture des paupières pendant une durée d'environ 60 à 90 min. Elle doit être réalisée après les examens neurologiques impliquant une réponse motrice de la paupière (clignement à la menace). Très simple à réaliser, elle consiste en l'injection de 2mL de lidocaïne 2% à proximité du nerf auriculo-palpébral. L'injection peut se faire au niveau de trois sites différents le long du nerf (Fig.5).

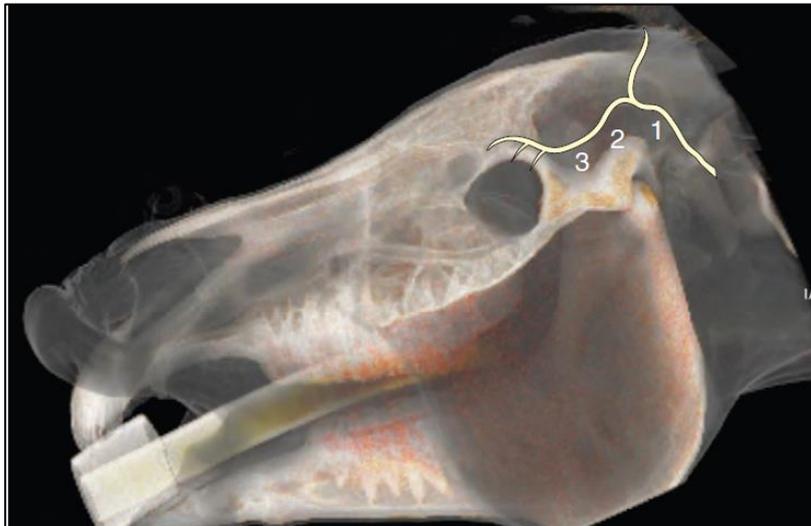


Figure 5 - Localisation des trois sites d'injection possibles pour la réalisation du bloc auriculo-palpébral (Gilger 2011)

- (1) Caudalement au rameau postérieur de la mandibule
- (2) Dorsalement au point le plus haut de l'arc zygomatique
- (3) A la jonction de l'os temporal et de l'os frontal au niveau de l'arc zygomatique

C. Evaluation de la vision

Toute atteinte de l'intégrité du globe oculaire (transparence des surfaces, bonne réfraction des milieux internes, etc....) et/ou de ses annexes (voies visuelles, paupières, etc...) peut altérer la vision. L'évaluation de la vision du cheval est primordiale lors de l'examen oculaire. Elle est réalisée à différents niveaux, et doit se faire avant toute sédation, anesthésie locale et/ou application de collyre mydriatique. Dans certains cas, selon le motif de consultation, elle sera la première étape de l'examen oculaire.

Tout d'abord, il s'agit d'observer le comportement du cheval lors d'un brusque changement de luminosité (sortie du box par exemple) et lorsqu'il se déplace à l'extérieur aux différentes allures (pas, trot, éventuellement galop) parmi des obstacles non dangereux (bottes de foin, barre d'obstacles au sol, plots, etc...).

Certains tests neurologiques très simples renseignent également sur la vision : test de clignement à la menace, le réflexe palpébral, les réflexes photomoteurs direct et indirect ainsi que le réflexe d'éblouissement. Ils peuvent être réalisés à cette étape de l'examen, ou lors de l'examen rapproché du cheval, mais avant toute sédation ou administration de collyre.

Les résultats de ces premiers examens renseignent sur la vision du cheval, ils sont à mettre en lien avec un examen complet de l'œil.

D. Examen à distance

Cette étape de l'examen précède l'examen rapproché et consiste en une observation de la tête du cheval dans son ensemble, sans matériel d'ophtalmologie. Il faut s'intéresser :

- A la symétrie de la face, en partant des oreilles jusqu'aux lèvres ;
- A l'intégrité des structures anatomiques (*présence de masses, d'excoriations, de gonflements, de modifications de couleur, etc...*) ;
- A la taille et position du globe oculaire dans l'orbite ;
- A la position des paupières (*blépharospasme, ptose palpébrale, procidence de la membrane nictitante, etc...*) ;
- Aux mouvements des globes oculaires (*nystagmus, akinésie*) et des paupières (*absence de clignement*) ;
- A la présence de sécrétions oculaires et nasales.

E. Examen rapproché

L'examen rapproché de l'œil constitue l'étape la plus technique de l'examen oculaire chez le cheval. En effet, elle s'appuie sur une bonne contention de l'animal, sur de solides connaissances en anatomo-physiologie de l'œil du cheval, ainsi que sur la maîtrise du matériel d'ophtalmologie. Ainsi, il s'agit dans cette sous partie, de présenter l'examen rapproché de l'œil en y dégagant les particularités chez le cheval et en y associant les rappels anatomiques, indispensables à la création du modèle de simulation.

Pour une question pratique, les examens sont présentés regroupés par système anatomique à examiner de l'extérieur vers l'intérieur. Ils peuvent parfois être réalisés dans le désordre, l'important étant de ne rien oublier.

1. Examen des annexes

Les annexes assurent la protection du globe oculaire, ainsi il est important de s'assurer de leur intégrité lors de l'examen oculaire.

a) Examen de l'orbite

L'intégrité de l'orbite est investiguée au toucher et si nécessaire par radiographie, à la recherche de fractures, ou de déformations (hématomes, tumeurs, etc...).

Chez le cheval, chaque orbite est délimitée par 6 os différents : l'os temporal, palatin, sphénoïde, frontal, zygomatique, et lacrymal (Fig.6). Elle a la particularité d'être entièrement ossifiée. L'orbite est de forme plus ou moins conique avec pour base l'arcade oculaire et un apex situé au niveau du foramen optique. En moyenne, l'orbite du cheval mesure 62 mm de longueur par 59 mm de hauteur et par 98 mm de profondeur.

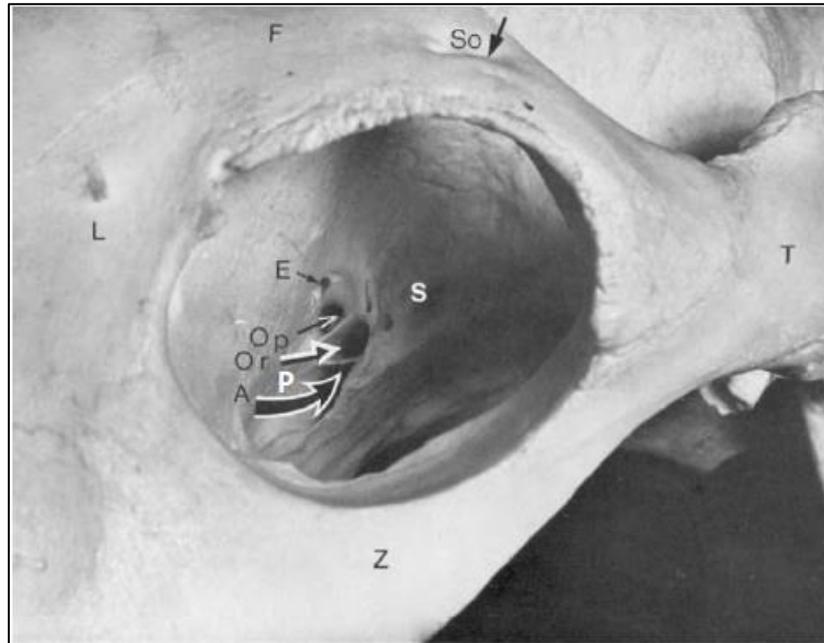


Figure 6 - Orbite du cheval, photographie modifiée (Samuelson Don A. 2013)

Os orbitaires : (F) Frontal ; (L) Lacrymal ; (P) Palatin ; (S) Sphénoïde ; (T) Temporal ; (Z) Zygomatique

Foramens orbitaires visibles (et nerfs/vaisseaux associés) :

(A) Alaire rostral (nerf et artère maxillaire) ; (E) Ethmoïdal (nerf et vaisseaux ethmoïdaux) ; (Op) Optique (nerf optique) ;
 (Or) Orbital (nerfs abducens, oculomoteur, ophtalmique et trochléaire) ;
 (So) Supraorbitaire (nerfs et vaisseaux supraorbitaire)

b) Examen des paupières externes et des cils

L'examen des paupières comprend l'examen de leur motilité et position, de leur forme, du tissu cutané palpébral, de l'implantation ciliaire, et de la conjonctive.

Leur motilité est évaluée à travers le réflexe de clignement à la menace et le réflexe palpébral. Les paupières doivent correctement s'ouvrir et se fermer. Les bords libres des paupières s'unissent lors de l'occlusion palpébral. Comme mentionné précédemment, toute douleur oculaire est susceptible d'induire un blépharospasme.

Il est possible d'observer des malformations congénitales des paupières telles que l'ankyloblépharon (défaut d'ouverture des paupières chez le nouveau-né), le dermoïde (présence de tissu cutané dans une localisation anormale (par exemple à la place d'un tissu conjonctival), ou encore l'entropion (inversion de la paupière sur elle-même provoquant une irritation de la cornée) (Fig.7). Une inflammation des paupières (blépharite) peut s'observer lors d'infection ou de photosensibilité chez les chevaux apigmentés des paupières.

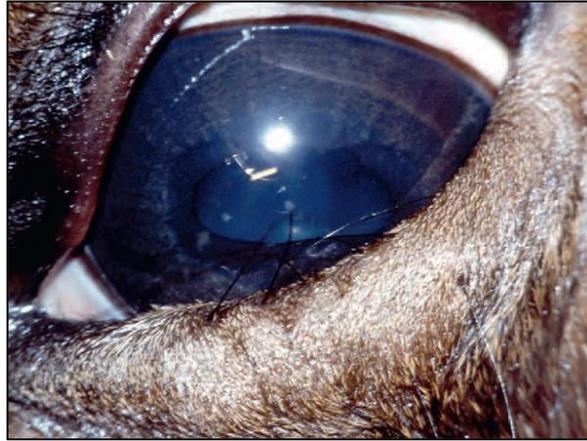


Figure 7 - Entropion de la paupière inférieure (Gilger, 2011)

Les paupières peuvent également être affectées par des néoplasies (carcinomes épidermoïdes, sarcoïdes, papillomes, mélanomes) (Fig.8). Des biopsies peuvent être réalisées afin de préciser l'étiologie.

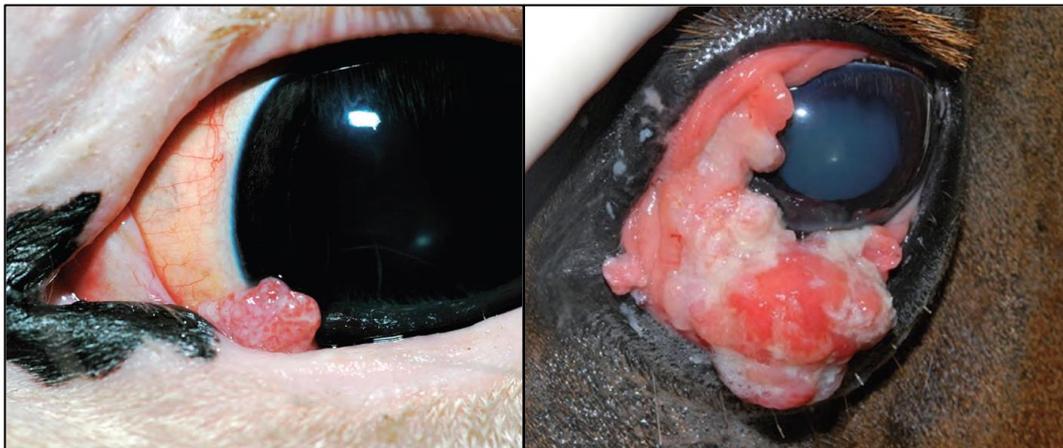


Figure 8 - Carcinomes squameux palpébraux (Gelatt, Gilger, et Kern 2013)

Sur la face cutanée des paupières, il faut rechercher les lésions dermatologiques classiques (dépilations, papules, excoriations, érosions, etc...).

Lors du suivi d'une affection oculaire, il est possible d'observer la présence d'un cathéter sous-palpébral (Fig.9). Il s'agit d'une longue tubulure, perforant généralement la paupière supérieure au niveau du bord orbitaire, permettant l'administration des traitements directement au niveau du cul de sac conjonctival supérieur sans avoir à manipuler la sphère oculaire. Il est souvent utilisé pour les affections nécessitant des traitements plusieurs fois par jour afin de limiter la douleur liée à la manipulation répétée des paupières. Il convient alors de s'assurer de son bon positionnement externe (fixation sur la tête et dans les crins du cheval) et interne (débouchée dans le cul de sac conjonctival supérieur) ainsi que de son bon fonctionnement (bonne perméabilité et absence d'enkystement de son extrémité palpébrale au sein de la conjonctive).



Figure 9 - Cathéter sous-palpébral (Gilger, 2011)

(A gauche) Aspect extérieur du cathéter au niveau de la paupière supérieure
 (A droite) Administration oculaire d'un traitement via un cathéter sous-palpébral

Les cils sont situés sur la paupière supérieure, la paupière inférieure ne portant que quelques vibrisses. Ils s'implantent sur le bord cutané du bord libre de la paupière et sont recourbés vers le haut. Les anomalies ciliaires les plus fréquentes sont le trichiasis (cil recourbé vers la surface du globe oculaire), le distichiasis (cil implanté au sein du bord libre de la paupière, au niveau d'une glande tarsale) et le cil ectopique (cil implanté dans la conjonctive palpébrale). Ces anomalies ciliaires sont susceptibles d'induire une irritation de la cornée.

c) Examen de la membrane nictitante

La membrane nictitante s'observe au niveau du canthus médial de l'œil. Tout comme les paupières externes, il convient d'examiner sa motilité, sa position, sa forme, et sa conjonctive.

Une légère pression sur le globe oculaire permet de procidence artificielle de la membrane nictitante et donc son observation complète (Fig.10). Lors d'enophtalmie, d'atteinte nerveuse, ou encore de douleur, il est possible d'observer une procidence anormale de la membrane nictitante sans manipulation. Le bord libre de cette membrane étant de pigmentation variable, une absence de pigmentation peut donner l'impression faussée d'une procidence.



Figure 10 - Technique de procidence manuelle de la membrane nictitante (photographie originale JULIEN Evanne)

(A gauche) Placement des doigts (les flèches indiquent le mouvement à effectuer)
 (A droite) Procidence manuelle de la membrane nictitante

Comme les paupières externes, la membrane nictitante peut être le siège d'inflammation (visualisation possible de follicules lymphoïdes), de lacérations, de néoplasie (*Fig.11*), de corps étranger (l'observation de la face interne de la membrane nictitante permet d'en vérifier l'absence), de mauvaise implantation ciliaire, de dermoïde, etc... Ces affections peuvent conduire à des déformations de la membrane nictitante, tout comme les altérations du cartilage qui la soutient (cartilage en forme de « T » dont la barre horizontale correspond au bord libre de la membrane).



Figure 11 - Carcinome épidermoïde et procidence de la membrane nictitante (photographie originale JULIEN Evanne)

Contrairement aux carnivores domestiques, la caroncule lacrymale est bien développée chez le cheval : il s'agit d'une petite masse cutanéomuqueuse plus ou moins pigmentée, présente à la surface externe de la membrane nictitante. Il est important de ne pas la confondre avec une quelconque masse.

Dans de rares cas, il est possible que la membrane nictitante soit manquante. En effet, chez le cheval, l'ablation thérapeutique de la membrane nictitante est envisageable car la glande nictitante qu'elle contient n'est pas aussi importante que chez les carnivores domestiques, où elle produit une grande partie du film lacrymal. Chez le cheval, le film lacrymal est en majeure partie produit par la glande lacrymale : il n'y a donc pas de risque de sécheresse oculaire en cas d'ablation de la 3^{ème} paupière.

d) Examen des conjonctives

Les conjonctives oculaires s'observent sur les faces internes des paupières (conjonctive palpébrale), sur la membrane nictitante (conjonctive de la 3^{ème} paupière) et sur la sclère (conjonctive bulbaire). Elles doivent être brillantes, mobiles et roses claires. Chez le cheval, la conjonctive bulbaire est plus adhérente à la sclère que chez les carnivores domestiques.

Il faut apprécier la couleur des conjonctives. Une coloration jaune sera en faveur d'un ictère, tandis qu'une coloration blanche sera en faveur d'une anémie. Une inflammation des conjonctives (conjonctivite) se traduit quant à elle, par une couleur rose vif à rouge (vascularisation plus importante et visible en région bulbaire), et par la présence de sécrétions plus ou moins colorées au niveau du canthus médial (*Fig.12*).



Figure 12 - Conjunctivite (photographie originale E. JULIEN)

Congestion des conjonctives, visualisation de la vascularisation et présence de sécrétions muqueuses dans le canthus médial

D'autres anomalies sont à rechercher au niveau des conjonctives : œdème (chémosis), néoplasies, corps étrangers, hémorragies, dermoïdes, etc...

e) Examen des sécrétions oculaires

Lors d'affections oculaires, il est courant d'observer des sécrétions de natures, de couleur et de quantité variable au niveau du canthus médial :

- Un écoulement séreux transparent (épiphora) peut se manifester en cas d'irritation du globe oculaire ou en cas de surproduction lacrymale. Il peut être unilatéral, par exemple lors de cil ectopique, ou plutôt bilatéral par exemple lors de phénomène allergique ;
- Des sécrétions muqueuses transparentes peuvent être observées lors d'insuffisance lacrymale ;
- Des sécrétions muco-purulentes (Fig.13) plus ou moins abondantes sont évocatrices de surinfection bactérienne, elles sont plutôt blanchâtres lors d'infection à *Staphylocoques* et plutôt verdâtres lors d'infection à *Pseudomonas*.



Figure 13 - Sécrétions oculaires muco-purulentes témoignant d'une surinfection bactérienne dans un contexte d'obstruction des voies lacrymales (Gilger, 2011)

Les prélèvements stériles de ces sécrétions doivent être faits avant toute instillation de collyre et après la réalisation d'un test de Schirmer.

f) Examen du système lacrymal

Chez le cheval, la production lacrymale est essentiellement faite par la glande lacrymale située au niveau de l'angle dorsolatéral de la paupière supérieure. Le film lacrymal est étalé sur la surface cornéenne grâce aux mouvements de la membrane nictitante. Le drainage du film lacrymal excédent se fait au niveau des points lacrymaux (Fig.14). Il s'agit de deux petits ostiums d'environ 2 mm de diamètre, situés au niveau du canthus médial sur la face conjonctivale interne des paupières (un sur la paupière inférieure, l'autre sur la paupière supérieure). Leur ouverture permet le passage du film lacrymal dans les canalicules inférieur et supérieur. Le film lacrymal est ensuite acheminé par le canal lacrymal jusqu'à l'ostium nasal situé sur la face ventrale du vestibule nasal. Le canal lacrymal mesure en moyenne 24 à 30 cm chez le cheval adulte.

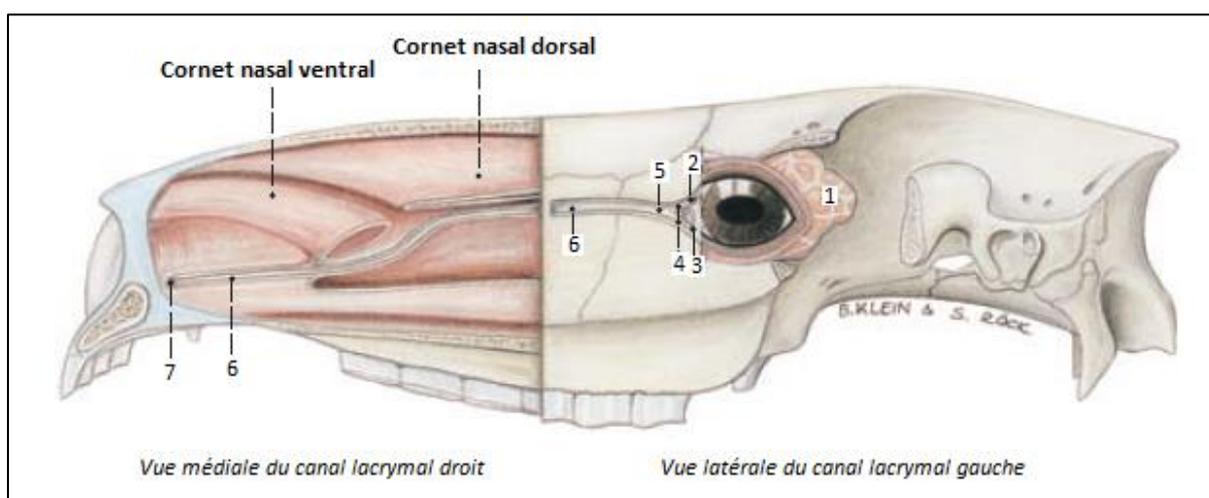


Figure 14 - Les voies lacrymales du cheval (Budras, Sack, et Röck 2009)

(1) Glande lacrymale ; (2) Point lacrymal supérieur ; (3) Point lacrymal inférieur ; (4) Canalicules lacrymaux ; (5) Sac lacrymal ; (6) Canal lacrymal ; (7) Ostium nasal

L'examen du système lacrymal comporte deux phases : une évaluation de la production lacrymale puis une évaluation du drainage lacrymal.

i) Evaluation de la production lacrymale

La cornée doit être luisante, signe d'une bonne hydratation par le film lacrymal. La production lacrymale est objectivée grâce au test de Schirmer. Il doit être réalisé avant toute application de collyre et/ou anesthésie locale. Pour ce faire, l'extrémité préalablement pliée d'une bandelette de Schirmer est placée au niveau du cul de sac conjonctival (entre la cornée et la paupière inférieure). Au bout d'une minute, la bandelette est retirée et la longueur d'humidification est lue, donnant ainsi une valeur de production lacrymale en mm par minute. Elle est habituellement comprise entre 20 et 30 mm par minute chez le cheval. Une valeur inférieure à 10 mm par minute témoigne d'une insuffisance lacrymale pouvant induire des affections telles que la kérato-conjonctivite sèche. Une valeur supérieure à 30 mm par minute reflète d'une production lacrymale excessive, souvent accompagnée d'un épiphora.

ii) Evaluation du drainage lacrymal

Un mauvais drainage lacrymal se traduit généralement par des écoulements au niveau du canthus interne de l'œil. La perméabilité du canal lacrymal est mise en évidence par le test de Jones. Pour ce faire, une goutte de fluorescéine est instillée au niveau du cul de sac conjonctival. En l'absence d'obstruction du canal lacrymal, la coloration verte de la fluorescéine doit être observable dans les 5 à 20 minutes qui suivent au niveau de l'ostium nasal.

Du fait de leurs diamètres plus importants, les voies lacrymales du cheval ont la particularité de pouvoir être facilement cathétérisées. Cela peut permettre de diagnostiquer une obstruction (instillation de produit de contraste dans le canal lacrymal en vue d'une radiographie) et/ou de la traiter. Il est possible d'effectuer un rinçage du canal lacrymal pour lever une obstruction simple. Dans des cas plus complexes d'atrésie du canal, il est parfois nécessaire d'avoir recours à la mise en place d'une sonde pendant plusieurs semaines afin de rétablir un diamètre correct du canal.

Il est possible de cathétériser de deux façons différentes (Fig.15) :

- Par voie dite « normograde » : cathétérisme d'un canalicule lacrymal par un point lacrymal à l'aide d'une canule lacrymale, d'un cathéter ou d'une sonde de petit diamètre (sonde urinaire pour chat par exemple) ;
- Par voie dite « rétrograde » : cathétérisme du canal lacrymal par l'ostium nasal à l'aide d'un cathéter ou d'une sonde de taille moyenne (sonde urinaire pour chien par exemple).



Figure 15 - Sondage lacrymal (Gilger, 2011)

(A gauche) Sondage « normograde » par un point lacrymal
(A droite) Sondage « rétrograde » par l'ostium nasal

Dans les deux cas, le cathétérisme nécessite l'application préalable d'anesthésique (une goutte de lidocaïne 2% au niveau des points lacrymaux, gel anesthésiant à base de lidocaïne au niveau de l'ostium nasal). Une fois le cathéter en place, il est ensuite possible d'y injecter différentes substances : produit de contraste (pour la radiographie), solution de lavage oculaire (pour le rinçage et débouchage du canal lacrymal) ou encore des médicaments.

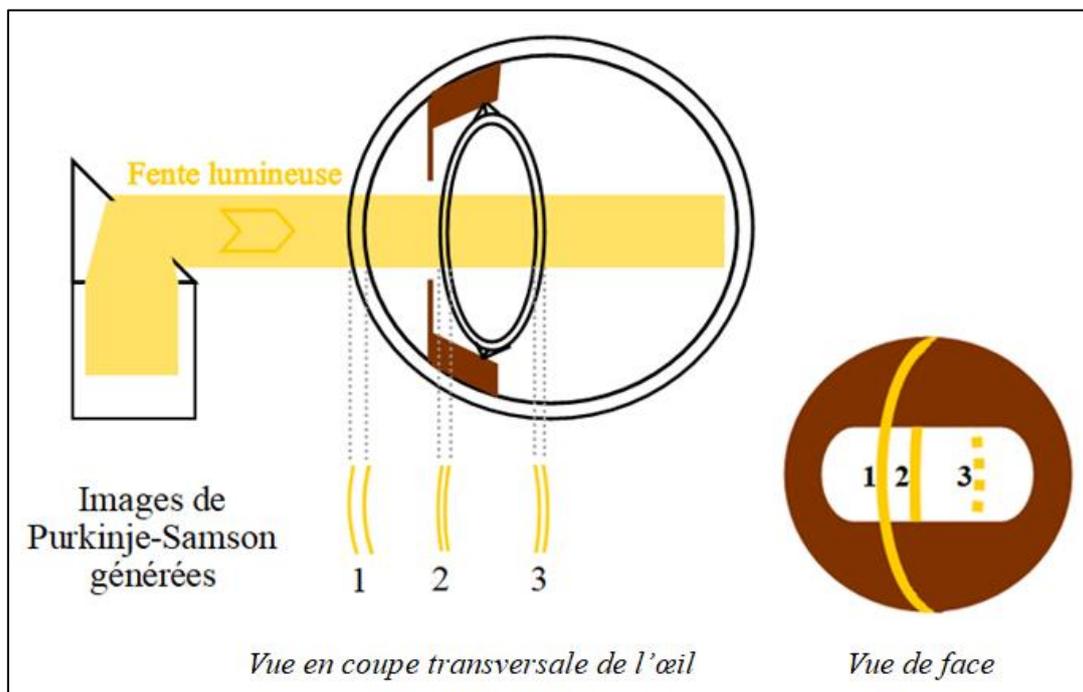
2. Examen du globe oculaire

Le globe oculaire est de forme sphérique et légèrement aplati dans le sens antéro-postérieur. Chez le cheval adulte il mesure en moyenne : 43,68 mm de profondeur, 47,63 mm en hauteur et 48,45 mm en largeur. Du fait de sa taille importante et de la position des orbites, le globe oculaire est soumis à de nombreuses agressions externes en plus des agressions systémiques. Son aspect extérieur global est évalué à la recherche de modification de taille (diminution = microphthalmie, augmentation = buphtalmie) ou de position (enfoncé dans l'orbite = enophtalmie, poussé vers l'extérieur de l'orbite = exophtalmie, strabisme).

L'examen du globe oculaire peut nécessiter à tout moment une anesthésie locale de la cornée, réalisée en appliquant un collyre anesthésiant (oxybuprocaine) directement dans le cul de sac conjonctival. Elle permet de limiter la douleur liée aux affections oculaires et donc une meilleure observation des structures internes de l'œil.

a) Examen de la cornée

Chez le cheval, la surface cornéenne est grande : elle est ovale et s'étend environ sur 30 mm de large et 25 mm de haut. Au niveau de sa limite avec le limbe, elle est souvent de couleur blanchâtre, ce qui correspond au ligament pectiné (ligament suspenseur de l'iris et des corps ciliaires). La cornée est normalement lisse, régulière, brillante, transparente et avasculaire. Il s'agit donc de vérifier l'ensemble de ces caractéristiques à l'aide de différents examens. L'observation peut se faire à l'œil nu avec un éclairage focal, à l'aide d'un ophtalmoscope direct ou bien, à l'aide d'un biomicroscope. La fente lumineuse générée par le biomicroscope génère les images de Purkinje-Samson (rectangles lumineux arciformes) lorsqu'elle focalisée sur le globe oculaire (Fig.16). La 1^{ère} image permet de visualiser la cornée et ses différentes couches



Schématisation de la cornée, de l'iris et corps ciliaires (marron) et du cristallin

(1) Image de la cornée (2) Image de la cristalloïde antérieure (3) Image de la cristalloïde postérieure

Une inflammation de la cornée (kératite) se manifeste le plus souvent par la présence d'une vascularisation cornéenne et d'une coloration bleue (signe d'œdème cornéen). Elle peut être liée à différentes affections, telles que des pertes de substances cornéennes (ulcères) ou encore des abcès (Fig.17). Les abcès sont fréquents chez le cheval au pré, et sont généralement causés par les mouches à la belle saison.

Les ulcérations de la cornée sont parfois visibles à l'œil nu (Fig.18). L'intégrité et la qualité de la cornée sont précisées à l'aide de différents colorants, après la réalisation de prélèvements (écouvillons et/ou raclages cornéens). La fluorescéine est un colorant hydrophile, elle colore le stroma cornéen lors de rupture de l'épithélium mais ne colore pas la membrane de Descemet lors d'ulcère profond. Le rose Bengale et le vert de Lissamine sont lipophiles, ils colorent les cellules épithéliales en dégénérescence, lors de kérato-conjonctivite sèche par exemple.

Des modifications de tissu cornéen peuvent également être observées, telle qu'une fibrose cornéenne (présence de tissu blanchâtre cicatriciel, souvent à la suite d'une ulcération) (Fig.18), ou encore un dermoïde.

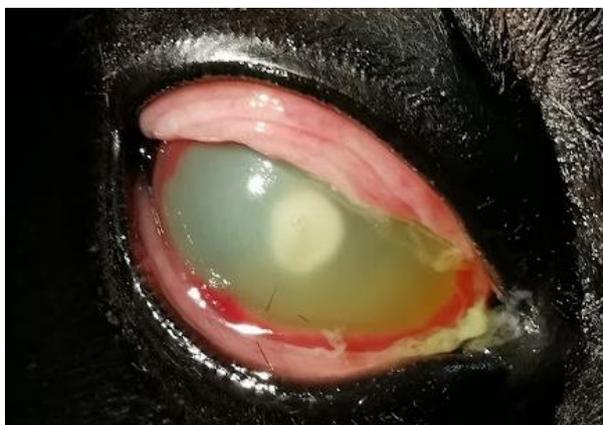


Figure 18 - Abcès cornéen, œdème cornéen, présence de fibrine dans la chambre antérieure, dans un contexte d'uvéïte (photographie originale JULIEN Evanne)



Figure 17 - Ulcère cornéen fibrosé avec œdème périphérique au niveau de la cornée (photographie originale JULIEN Evanne)

b) Examen de la chambre antérieure

La chambre antérieure contient l'humeur aqueuse. C'est un liquide physiologiquement transparent. Elle peut être examinée à l'œil nu, à l'ophtalmoscope direct ou au biomicroscope. Le biomicroscope permet la mise en évidence d'éléments anormaux ainsi que la mesure de la profondeur de la chambre antérieure (distance comprise entre la face interne de la cornée et la face antérieure de l'iris et du cristallin).

Lors d'inflammation oculaire il est possible d'observer des modifications de l'humeur aqueuse. La chambre antérieure peut ainsi contenir du sang (hyphéma), du pus (hypopion) (Fig.17) ou encore des particules inflammatoires flottantes à l'origine de l'effet Tyndall (effet boule de neige observé par diffusion d'un faisceau de lumière sur les particules). Des ponctions d'humeur aqueuse peuvent être réalisées sous anesthésie locale et sédation afin d'effectuer des examens complémentaires (cytologie, sérologie).

Le drainage de l'humeur aqueuse se fait au niveau de l'angle irido-cornéen. Les modifications de l'humeur aqueuses et/ou la présence de substances solides (masse, corps étranger, parasites, précipités kératiques, etc...) et/ou la réduction de profondeur de la chambre antérieure sont susceptibles de réduire ce drainage et donc de modifier la tension oculaire.

La tension oculaire correspond à la pression exercée par l'humeur aqueuse sur les parois du globe oculaire. En pratique, il est possible de l'évaluer à la surface de la sclère et/ou de la cornée, soit digitalement, soit à l'aide d'instruments de mesure (Tonopen®). Elle est réalisée de préférence sur cheval non sédaté. L'anesthésie locale de la cornée est envisageable si le cheval a mal. L'évaluation digitale repose sur une comparaison des palpations des deux globes oculaires à travers la paupière supérieure. Le Tonopen® utilise le principe de tonométrie par aplanissement, il donne des valeurs de pressions physiologiques comprises entre 16 et 30 mmHg chez le cheval. La tonométrie est principalement utilisée dans des contextes de glaucome (dégénérescence du nerf optique souvent associée à une hypertension oculaire) et d'uvéite.

c) Examen de l'iris et des corps ciliaires (uvéite antérieure)

L'iris est une membrane vascularisée et pigmentée. Le plus souvent de couleur marron (plus ou moins foncé), il peut également être bleu (subalbinisme) ou encore hétérochromique. La pupille est ovoïde chez le cheval adulte et mesure, en position physiologique, 13 à 17 mm de large sur 3 à 5 mm de haut. Elle est d'apparence ronde chez le poulain. Une particularité des grands herbivores (bovins, petits ruminants et chevaux) est d'avoir des petites masses suspendues au bord pupillaire : ils sont appelés grains iriens ou *corpora nigra* chez le cheval (Fig.19). Ils peuvent être de taille et de nombre variable (en général trois ou quatre) et sont préférentiellement localisés sur le bord pupillaire dorsal (moins fréquemment sur le bord ventral). Ils sont physiologiques et permettent de limiter la quantité de lumière traversant la pupille.



Figure 19 - Grains iriens sur le bord pupillaire (Gilger 2011)

L'iris est une structure motile. La mydriase correspond à une augmentation du diamètre pupillaire, permettant la vision avec une faible luminosité. Elle s'oppose au myosis, qui désigne une diminution du diamètre pupillaire lorsque la luminosité augmente. La motilité irienne est évaluée grâce aux réflexes photomoteurs et au réflexe d'éblouissement. Certaines affections modifient le diamètre pupillaire, unilatéralement (anisocorie) ou bilatéralement, quelle que soit la luminosité ambiante. Il est fréquent d'observer un myosis lors d'inflammation de l'iris (iritis) (Fig.20), et à l'inverse, une mydriase lors d'hypertension oculaire. L'iris peut apparaître tremblant (iridonésis) lors de luxation ou subluxation du cristallin.

Outre les affections de la motilité, il faut également rechercher les anomalies liées à la forme ou à la couleur de l'iris, telles que :

- Des kystes iriens (de localisation variable : sur les grains iriens, flottants dans la chambre antérieure, rattachés à l'iris ou aux corps ciliaires) ;
- Hyperplasie ou atrophie des grains iriens (*Fig.21*) ;
- La persistance de la membrane pupillaire (présence de filaments irido-iriens traversants toute ou partie de la pupille) ;
- Des synéchies (adhérences irido-cristalliniennes ou irido-cornéennes) (*Fig.21*) ;
- Des colobomes iriens (perte de substance irienne, « trou » généralement situé en région ventrale de l'iris) ;
- L'hypoplasie irienne (renflements noirs de l'iris, chez les chevaux à iris bleu) pouvant aller jusqu'à l'atrophie irienne ;
- L'hyperémie irienne (couleur de l'iris tirant vers le rouge) (*Fig.20*) ;
- L'hyperpigmentation irienne (couleur de l'iris très sombre) (*Fig.21*) ;
- L'hétérochromie irienne ;
- Des néoplasies (mélanome, lymphome).

Lorsque l'on examine l'uvéite, une des principales affections à investiguer est l'uvéite. Il s'agit de l'inflammation de l'iris et des corps ciliaires (uvéite antérieure) ou du choroïde et de la rétine (uvéite postérieure) ou, dans la majeure partie des cas, de l'ensemble de ces structures (panuvéite). Aiguë, chronique, ou récidivante, elle constitue un vice rédhibitoire lors de la vente d'un cheval, il est donc important de pouvoir la diagnostiquer en s'appuyant sur les différents signes cliniques qui lui sont associés (*Tab.1*).

Tableau 1 - Synthèse des différents signes cliniques associés à une uvéite en fonction de la durée d'évolution

Durée d'évolution	Uvéite aiguë	Uvéite chronique
Signes cliniques associés (<u>Dont ce visibles niveau de l'iris</u>)	<ul style="list-style-type: none"> - Blépharospasme - Conjonctivite - Epiphora - Débris de fibrine dans la chambre antérieure - Effet Tyndall - <u>Myosis</u> - Infiltration cellulaire du vitré 	<ul style="list-style-type: none"> - Œdème cornéen - Précipités kératiques - <u>Hétérochromie de l'iris</u> - <u>Synéchies irido-cristalliniennes</u> - <u>Dégénérescence des grains iriens (bords lisses)</u> - <u>Myosis</u> - Cataracte - Dégénérescence et trouble du vitré - Dégénérescence rétinienne péri papillaire - <i>Phtisis bulbi</i> (atrophie du globe oculaire)

L'uvéite récidivante est une maladie à médiation immune très répandue dans le monde se manifestant par une alternance entre phase active d'uvéite (*Fig.20*) et phase de quiescence où seules les cicatrices de l'inflammation sont visibles (*Fig.21*). Elle est responsable de la majeure partie des cécités. Il est important de faire le lien entre les observations faites au moment de l'examen et les commémoratifs du cheval.



Figure 20 - Phase active de l'uvéite récidivante avec conjonctivite, myosis, débris de fibrine dans la chambre antérieure et léger œdème cornéen (Gelatt, Gilger, et Kern 2013)



Figure 21- Cicatrices d'uvéite récidivante avec hyperpigmentation irienne, atrophie des grains iriens, synéchies irido-cristalliniennes et cataracte (Gelatt, Gilger, et Kern 2013)

d) Examen du cristallin

La bonne observation du cristallin et du fond d'œil nécessite l'application de collyre mydriatique (tropicamide) afin d'augmenter le diamètre pupillaire et donc la fenêtre d'observation.

Le cristallin est une lentille biconvexe, transparente et déformable dans une certaine mesure (accommodation). A l'aide d'un éclairage focal (transilluminateur) et en se plaçant de face puis de $\frac{3}{4}$ par rapport à l'axe optique du cheval, il est possible de visualiser la partie antérieure du cristallin, à la recherche d'opacification (cataracte) (Fig.21 et 22), de déformation (rupture de capsule, kyste) et d'anomalie de position (luxation ou subluxation). Lors de subluxation, il est possible de distinguer la zone d'aphakie (zone sans cristallin comprise entre le bord de ce dernier et le bord pupillaire) (Fig.22).



Figure 22 - Subluxation du cristallin et cataracte (Gilger, 2011)

L'examen complet et précis du cristallin se fait à l'aide du biomicroscope, par la visualisation et la netteté des images de Purkinje-Samson (Fig.16). Il s'agit de balayer latéro-médialement le cristallin et de suivre l'évolution de la 2^{ème} et 3^{ème} image, représentant respectivement la capsule antérieure et postérieure du cristallin. Ainsi, il est possible de mieux localiser les lésions.

e) Examen du vitré

Le vitré est le milieu transparent gélifié présent dans la partie postérieure du globe oculaire, derrière le cristallin. En pratique courante, l'intégrité du vitré peut être examinée à l'aide d'un ophtalmoscope direct ou du biomicroscope. L'échographie est également intéressante mais ne sera pas évoquée ici.

Les affections principales du vitré sont : les altérations de sa transparence ainsi que des signes de déplacement de la membrane hyaloïde. Il faut ainsi chercher principalement :

- Une persistance de l'artère hyaloïde chez le poulain (artère reliant la papille optique au cristallin lors du développement embryonnaire) ;
- Une dégénérescence de vitré (synérèse) avec la présence de corps flottants dans le vitré ;
- Une hyalite (inflammation du vitré) (Fig.23) avec la présence d'une coloration jaune à verte du vitré ainsi que de la fibrine et des débris flottants ou accolés à la capsule postérieure du cristallin
- Une hémorragie vitrénne ;
- Un décollement de rétine complet avec un aspect de voile flottant.

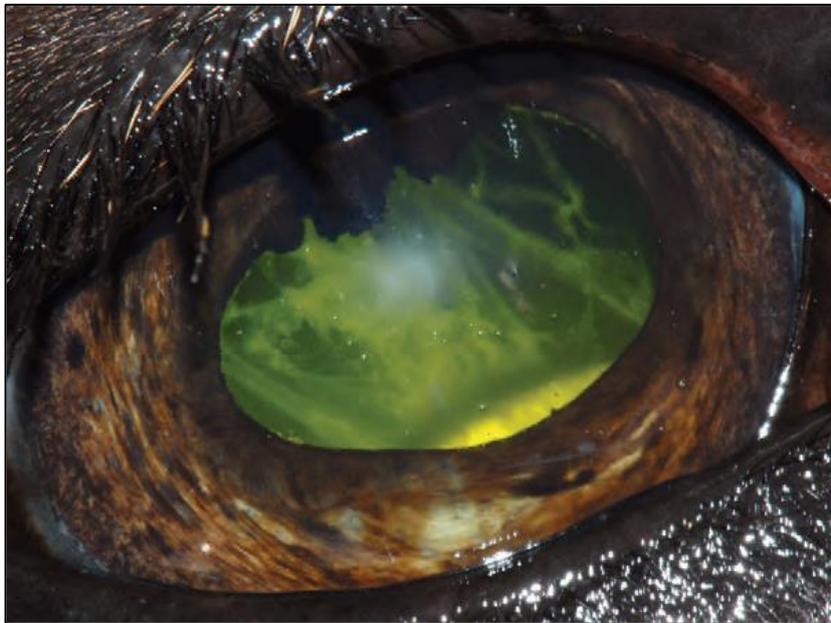


Figure 23 - Hyalite avec débris de fibrine jaunes/verts (Gilger, 2011)

f) Examen du fond d'œil

Le fond d'œil du cheval est observé de deux façons différentes. L'ophtalmoscopie directe (observation du fond d'œil à l'aide d'un ophtalmoscope direct) renvoie une image droite et très zoomée du fond d'œil (grossissement x15). L'ophtalmoscopie indirecte (observation du fond d'œil à l'aide d'un transilluminateur et d'une lentille de 20 dioptries) renvoie une l'image inversée avec un champ d'observation plus large (grossissement x4 en moyenne). Quelle que soit le motif de consultation (visite d'achat ou visite médicale) et la méthode d'observation choisie, c'est une étape indispensable à l'examen oculaire du cheval.

La structure du fond d'œil du cheval est particulière (Fig.24), il s'agit d'en examiner les différents éléments. La rétine est divisée en deux parties : une « zone de tapis » et une zone « hors tapis » (zone pigmentée). La suite de la description correspond à une observation en ophtalmoscopie directe. La zone de tapis est la partie supérieure plus claire (souvent jaune-verte), contenant les étoiles de Winslow (petites tâches foncées correspondant aux terminaisons des capillaires de la choroïde). La zone hors tapis est la partie inférieure pigmentée (souvent brun foncé), contenant la papille optique. La papille optique (départ du nerf optique) est le disque ovale de couleur rosée duquel irradient les vaisseaux rétiniens (vascularisation du nerf optique). Les vaisseaux rétiniens sont courts, fins, et peu nombreux (entre 40 et 60).

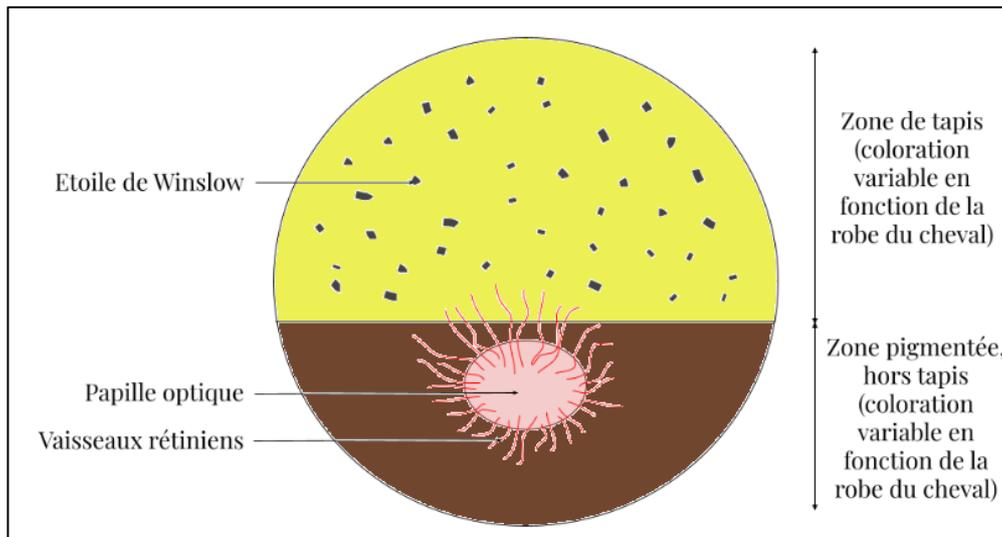


Figure 24 - Fond d'œil normal du cheval en ophtalmoscopie directe (schéma original JULIEN Evanne)

Il est fréquent d'observer des variations physiologiques de couleurs du fond d'œil (Fig.25), elles sont intimement liées à la robe et à la couleur de l'iris du cheval. Un cheval peut présenter deux fonds d'œil de couleurs différentes. La zone pigmentée est généralement brune foncée à rougeâtre et la zone de tapis jaune à verte. Chez les chevaux bais plus ou moins foncés ainsi que chez les chevaux bruns, la zone de tapis prend des notes bleues à bleu-vertes. Chez les chevaux âgés, des zones d'hyperpigmentation (stries, tâches) sont parfois observables au niveau du tapis. Il est également possible d'observer un amincissement plus ou moins marqué du tapis, parfois associé à une hypopigmentation de la zone pigmentaire, laissant alors émerger les colorations rouges de la vascularisation choroïdienne. C'est le « subalbinisme » des robes diluées et/ou des chevaux à iris bleu. L'albinisme vrai, bien que rare, se manifeste par une absence totale de tapis et de pigmentation, dévoilant alors le réseau vasculaire choroïdien. Des hypopigmentations physiologiques focales autour de la papille optique sont à différencier des lésions cicatricielles de chorioretinite (inflammation de la choroïde et de la rétine, soit uvéite postérieure).

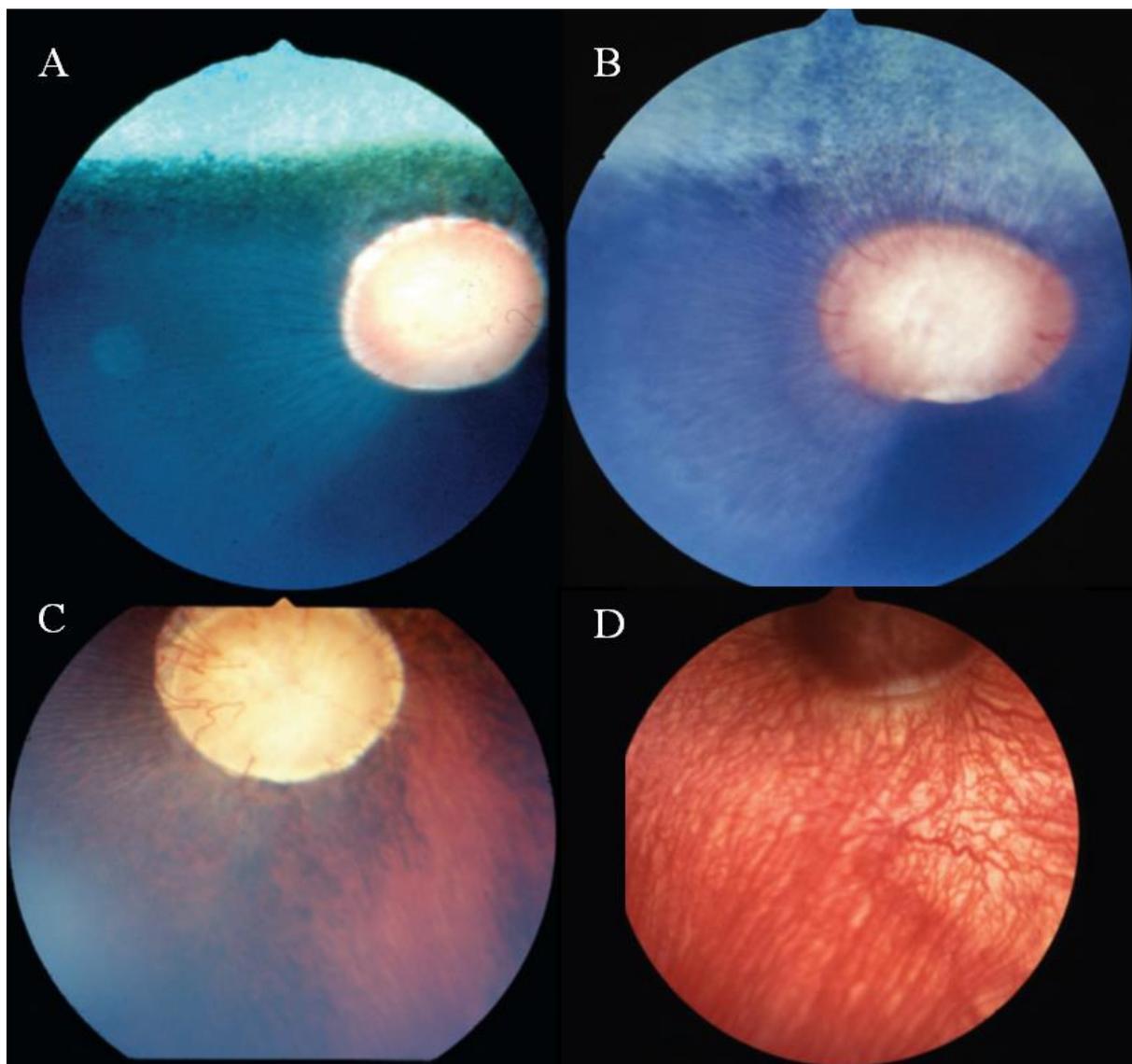


Figure 25 - Variations physiologiques du fond d'œil (Gilger, 2011)

(A) Fond d'œil « classique » avec un tapis jaune-vert et une zone pigmentée très foncée

(B) Fond d'œil de coloration bleutée (typique d'un cheval bai)

(C) Coloration rouge de la zone pigmentée liée à une hypopigmentation (typique d'un cheval à robe diluée, subalbinisme)

(D) Absence de pigment au niveau de la zone pigmentée laissant apparaître la vascularisation choroidienne (albinisme)

L'examen du fond d'œil peut permettre la mise en évidence de nombreuses affections (Fig.26). Il faut rechercher principalement des signes d'inflammation, de dégénérescence, des masses, ou encore un décollement rétinien.

Les variations de taille, de couleur et de forme de la papille sont anormales. Une diminution de taille associée à une pâleur (ischémie des vaisseaux rétiniens) est en faveur d'une atrophie du nerf optique (phénomène dégénératif). Une augmentation de taille et une hyperémie de la papille peut s'observer lors de névrite ou de présence de masse (neuropathies optiques prolifératives bénignes ou néoplasie).

Des zones d'hypopigmentation focales au niveau de la zone pigmentée peuvent résulter d'épisode de chorioretinite. Elles peuvent être en « aile de papillon » autour de la papille, ou bien disséminées : lésions de chorioretinite exsudative (nombreuses lésions circulaires claires) ou lésions

« en bouton de culotte » (nombreuses lésions circulaires claires avec une hyperpigmentation au centre). Les colobomes correspondent également à des hypopigmentations liées à l'absence de tissu rétinien (affection congénitale). Des modifications de pigmentation plus diffuses s'observent lors de dégénérescence rétinienne primaire (irrégularité de la pigmentation en zone pigmentée et hyper-réflexivité du tapis), de la maladie du motoneurone (accumulation de pigments jaune foncé à noir sur l'ensemble de la rétine formant des travées en nid d'abeille).

Des hémorragies et ischémies peuvent être visibles au niveau des vaisseaux rétiens et choroïdiens.

Un décollement rétinien s'observe par la présence de plis blanchâtres irradiants depuis le nerf optique. L'image du fond d'œil est floue.

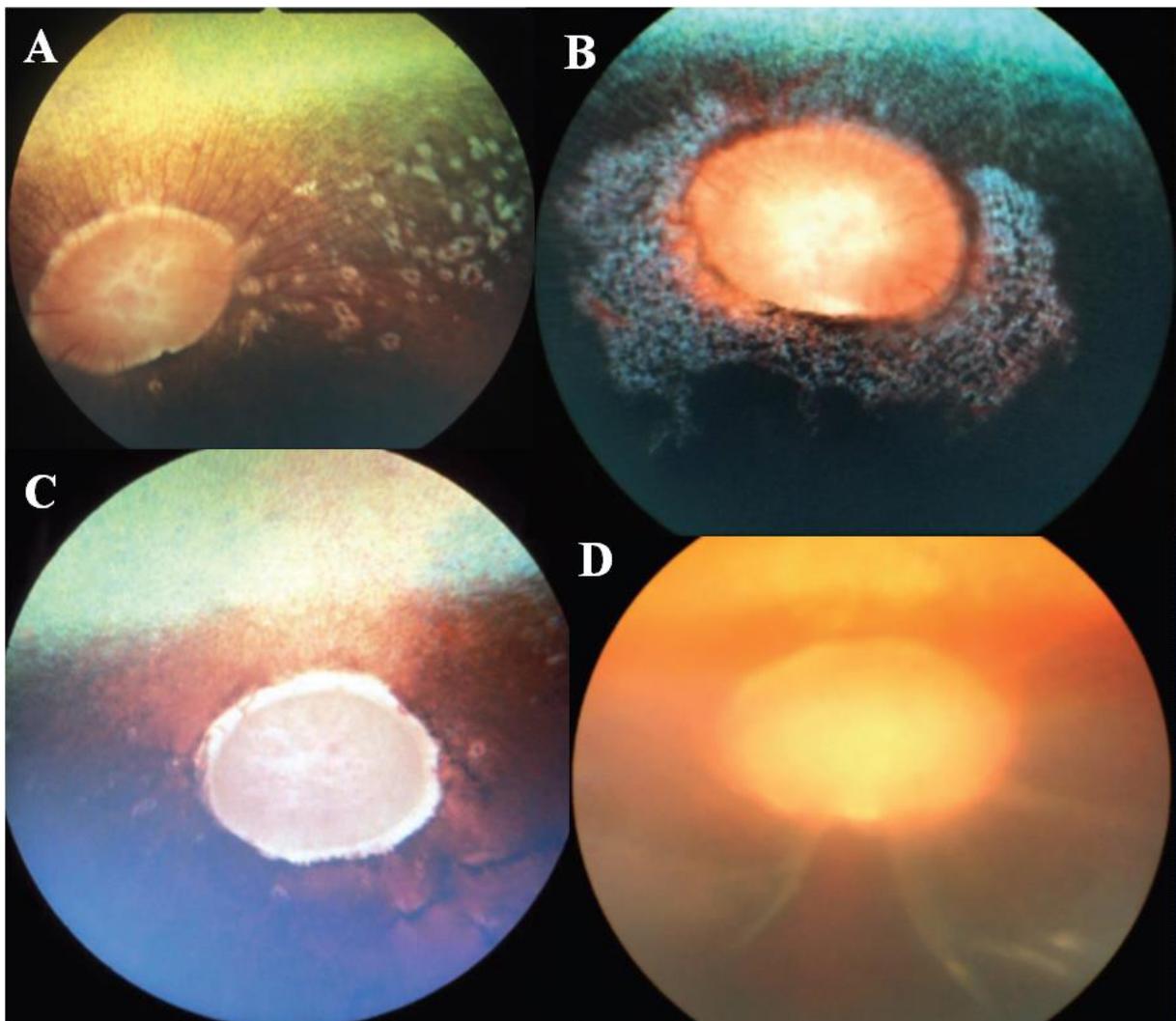


Figure 26 - Affections du fond d'œil (Gelatt, Gilger, et Kern 2013)

- (A) Choriorétinite « en bouton de culotte »
- (B) Choriorétinite « en aile de papillon »
- (C) Dégénérescence du nerf optique
- (D) Décollement rétinien

Comme nous avons pu le voir dans cette première partie, de nombreuses affections sont à rechercher au niveau de la sphère oculaire. Il est du devoir du vétérinaire de les diagnostiquer correctement pour attester de la bonne santé du cheval lors d'une vente (l'uvéite constituant un vice rédhibitoire à la vente), et, le cas échéant, pour améliorer sa santé. Parfois complexe, l'interprétation des différents examens oculaires requiert une bonne connaissance de l'anatomie normale de l'œil du cheval, et surtout beaucoup de pratique et d'entraînement.

Partie II – Intérêts et objectifs de l'élaboration d'un modèle de simulation à l'examen oculaire du cheval

L'élaboration d'un modèle de simulation comporte différentes étapes de réflexion et de conception. En médecine humaine, un guide transposable à la médecine animale, publié par la Haute Autorité de Santé, retrace les étapes clés du développement d'un modèle de simulation (Ildefonse, Granry, et Moll 2012). Il s'agit dans un premier temps d'analyser les intérêts de la création d'un tel modèle : en quoi ce modèle est-il pertinent vis-à-vis de la situation actuelle ? Quels pourraient être les bénéfices à en tirer ? Puis, il faut expliciter les objectifs généraux du modèle et simulation et dresser la liste exhaustive des objectifs pédagogiques à intégrer au modèle de simulation.

Cette partie s'attardera sur les premières étapes de la conception d'un modèle de simulation, à savoir : la présentation de ses intérêts et objectifs, en s'accordant avec les objectifs pédagogiques principaux du cursus vétérinaire en ophtalmologie équine. Le référentiel pédagogique actuel en ophtalmologie équine indique qu'un étudiant vétérinaire sortant, doit savoir diagnostiquer un traumatisme conjonctivo-cornéen, une uvéite et une plaie palpébrale et les traiter en première intention. Ce modèle proposera uniquement une simulation au diagnostic des affections à travers la réalisation d'un examen oculaire.

A. Intérêts de la création d'un modèle de simulation à l'examen oculaire du cheval

1. Intérêt pédagogique dans la formation vétérinaire

a) Enseignement de l'ophtalmologie sur le campus vétérinaire de VetAgroSup

L'ophtalmologie est une discipline complexe. De nombreux praticiens vétérinaires rapportent un réel manque de confiance en eux vis-à-vis de la réalisation et de l'interprétation de certains examens oculaires (Mowat, Royal, et Westermeyer 2018). Ceci peut s'expliquer par le peu de place accordé à l'enseignement, surtout pratique, de l'ophtalmologie dans le cursus vétérinaire.

Sur le campus vétérinaire de VetAgroSup, l'enseignement théorique de l'ophtalmologie se fait en A4. Pour ce faire, six cours théoriques intégrés au module de « Pathologie Médicale des Animaux de Compagnie » sont dédiés à l'ophtalmologie au premier semestre. Ils renseignent sur le déroulement de l'examen oculaire classique, ainsi que sur les principales affections rencontrées chez les carnivores domestiques (les affections des annexes oculaires, l'insuffisance lacrymale, l'uvéïte ou encore la kératite). Concernant l'enseignement des spécificités de l'ophtalmologie en médecine équine, le déroulement de l'examen oculaire ainsi que les principales affections rencontrées sont abordés au second semestre, dans deux cours théoriques au cours du module d'« Equine ».

L'initiation à la pratique de l'ophtalmologie chez les carnivores domestiques se fait en A5 lors de la semaine précédant la rotation clinique de « consultations spécialisées ». Cela consiste en un créneau de travaux pratiques, encadré par un étudiant de A6 préalablement formé par le Dr. Vet. Jongh (consultant en ophtalmologie à VetAgroSup). Au cours de cette séance de travaux pratiques, les étudiants sont amenés à revoir le déroulement de l'examen oculaire chez un carnivore domestique et sont initiés à l'utilisation des instruments d'ophtalmologies sur des animaux indemnes d'affection oculaire et dociles. En ce qui concerne l'ophtalmologie équine, la séance de travaux pratique d'initiation à l'examen oculaire du cheval, jusqu'alors réalisée avec des chevaux indemnes appartenant à l'école, a été retiré du programme d'enseignement pour des raisons de bien-être animal.

Par la suite, la mise en pratique des enseignements d'ophtalmologie est intimement dépendante des consultations auxquelles les étudiants assistent lors de leurs rotations cliniques en A4, A5 et A6, ainsi que des stages qu'ils réalisent. En médecine canine, les consultations d'ophtalmologie sont intégrées à la semaine de rotation clinique de « consultations spécialisées » et sont assurées les mercredis matin par le Dr. Vet. Jongh. En médecine équine, lors des rotations cliniques au sein de la Clinéquine, il n'y a pas de créneaux spécialisés à l'ophtalmologie. Les motifs de consultations sont très variables (boiterie, colique, plaie, etc...). Ainsi, les étudiants ne sont pas garantis de pouvoir s'exercer à l'ophtalmologie des équidés lors de leur passage au service d'équine.

Outre le peu de place accordée à la mise en pratique de l'ophtalmologie lors des rotations cliniques, il est important de mettre en avant l'évolution générale de l'enseignement de la médecine vétérinaire, qui comme la médecine humaine, est désormais dépendante des questions de bien-être et de sécurité de ses patients (Scalese et Issenberg 2005). Ainsi, lorsque des occasions de mise en pratique de l'ophtalmologie se présentent, il est souvent compliqué de pouvoir faire participer plusieurs étudiants à la réalisation d'actes techniques sur un même animal. En effet, les affections oculaires sont souvent douloureuses et la patience de l'animal très réduite, ne laissant pas beaucoup de temps à la réalisation d'un examen oculaire complet. De plus, les techniques de l'examen oculaire (telle que l'ophtalmoscopie par exemple) sont complexes et chronophages pour un étudiant novice, et souvent même pour des vétérinaires diplômés (Mowat, Royal, et Westermeyer 2018).

Un questionnaire partagé à la date du 10 mai 2022 à l'ensemble des classes de A4, A5 et A6 (*Annexe 1*), permet de faire l'état des lieux des connaissances en ophtalmologie équine des étudiants, ainsi que d'étudier leur intérêt à la mise en place d'un modèle de simulation à l'examen oculaire du cheval. 96 réponses ont été obtenues sur 487 participants potentiels, dont 29 réponses de A4, 27 de A5 et 40 de A6. Il est important de préciser qu'au moment de la publication du questionnaire, les étudiants de A4 n'avaient pas encore assisté aux cours et travaux pratiques d'ophtalmologie équine, dispensés plus tard dans le semestre. C'est pourquoi leurs réponses aux questions liées à leur connaissances et maîtrise de l'examen oculaire du cheval ne seront pas prises en compte.

Une analyse des résultats des réponses des étudiants de A5 et A6 (soit 67 réponses) concernant leurs connaissances sur l'examen oculaire du cheval est réalisée. 68,7% considèrent leurs connaissances théoriques sur le déroulé de l'examen oculaire du cheval comme faibles, et 11,9% comme absentes (*Fig.27*).

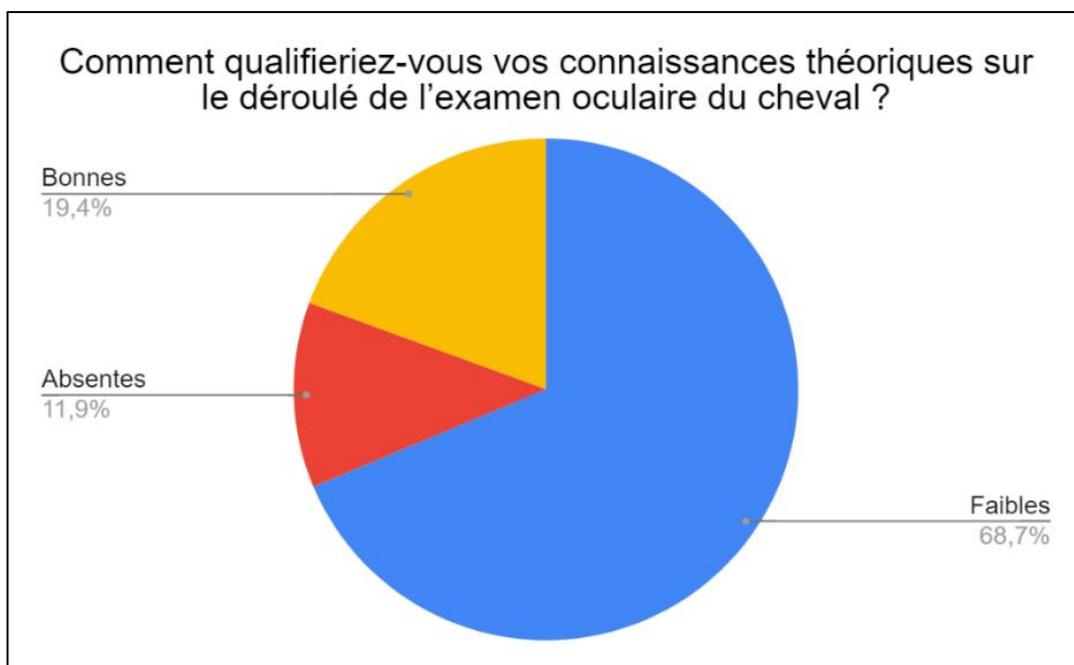


Figure 27 – Auto-évaluation des étudiants de A5 et A6 concernant leurs connaissances théoriques sur le déroulé de l'examen oculaire du cheval (réponse au questionnaire annexe 1, E. JULIEN)

En ce qui concerne la maîtrise des actes techniques de l'examen oculaire du cheval, certains actes, pourtant essentiels au bon examen de l'œil, semblent non maîtrisés par une grande majorité des étudiants (*Fig. 28*). Si la plupart des étudiants considèrent maîtriser la contention du cheval (hors réalisation d'un bloc auriculo-palpébral), la plupart des tests neurologiques ainsi que la réalisation des tests de Schirmer et à la fluorescéine, l'examen interne du globe oculaire et celui des canaux lacrymaux sont maîtrisés par trop peu d'étudiants ayant répondu au questionnaire (moins de 50%, voire pour certains actes moins de 25% des étudiants).

L'ensemble des actes suivants sont indispensables à la réalisation d'un bon examen oculaire sur un cheval. Quels sont ceux que vous maîtrisez ?

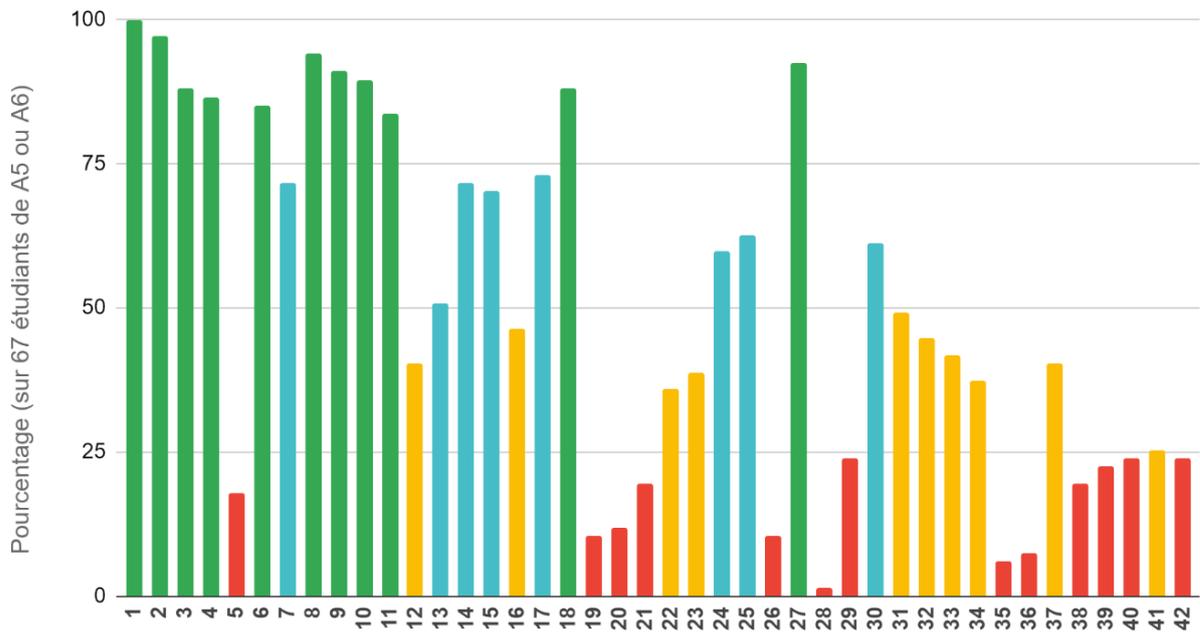


Figure 28 - Auto-évaluation des étudiants de A5 et A6 concernant leur maîtrise des différents actes de l'examen oculaire du cheval (réponse au questionnaire annexe 1, E. JULIEN)

1. Mise en place d'un licol
2. Réalisation d'un pli de peau
3. Utilisation du tord-nez
4. Injection intra-veineuse pour sédation
5. Réalisation d'un bloc auriculo-palpébral
6. Ouverture manuelle des paupières
7. Administration de collyre dans le cul de sac conjonctival
8. Evaluation de la vision (test de clignement à la menace)
9. Evaluation du réflexe palpébral
10. Evaluation du réflexe photomoteur direct
11. Evaluation du réflexe photomoteur indirect
12. Evaluation du réflexe d'éblouissement
13. Examen de l'orbite
14. Examen des paupières et de leur position
15. Examen du positionnement des cils
16. Examen de la membrane nictitante
17. Examen des conjonctives
18. Evaluation de la production lacrymale (test de Schirmer)
19. Evaluation du drainage lacrymal (test de Jones)
20. Sondage des voies lacrymales
21. Réalisation de prélèvements conjonctivaux (cytobrosse)
22. Evaluation de la taille du globe oculaire
23. Evaluation de la position du globe oculaire dans l'orbite
24. Mesure de la pression oculaire
25. Evaluation de la transparence cornéenne (mise en évidence d'une opacification ou d'une vascularisation)
26. Evaluation de l'intégrité de la cornée au biomicroscope ou lampe à fente (mise en évidence d'une perte ou d'un gain de substance)
27. Réalisation d'un test à la fluorescéine (mise en évidence d'une perte de substance épithéliale)
28. Evaluation de la profondeur de la chambre antérieure au biomicroscope ou lampe à fente
29. Evaluation du contenu de la chambre antérieure (aspect de l'humeur aqueuse)
30. Evaluation de la couleur de l'iris
31. Evaluation de la forme de l'iris (mise en évidence de synéchies ou de masses)
32. Evaluation de la motricité de l'iris (variation de la taille de la pupille)
33. Evaluation des grains iriens (taille, nombre, position)
34. Evaluation de la transparence du cristallin (mise en évidence d'une opacification)
35. Evaluation de place du cristallin (mise en évidence d'une luxation ou subluxation)
36. Evaluation de la transparence du vitré
37. Visualisation du fond d'œil en ophtalmoscopie directe (à l'ophtalmoscope direct)
38. Visualisation du fond d'œil en ophtalmoscopie indirecte (à l'aide d'un transilluminateur et d'une lentille de 20 dioptries)
39. Evaluation de la papille du nerf optique (taille, couleur)
40. Evaluation de la vascularisation rétinienne
41. Evaluation de la couleur et de l'aspect de la zone de tapis
42. Evaluation de la couleur et de l'aspect de la zone hors tapis

Enfin, 31,3% indiquent ne jamais avoir réalisé d'examen oculaire sur un cheval (Fig. 29)

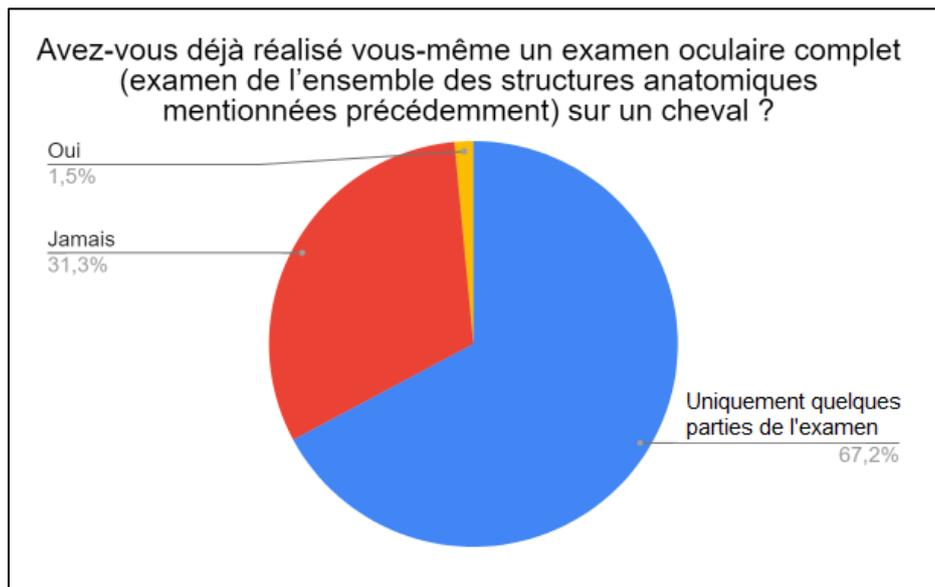


Figure 29 - Proportion d'étudiants de A5 et A6 ayant déjà réalisé un examen oculaire sur un cheval (réponse au questionnaire annexe 1, E. JULIEN)

Plus globalement, le début de ce questionnaire met en évidence un réel manque de connaissance et de maîtrise de l'examen oculaire et de ses particularités chez le cheval. Si certains actes très spécifiques (tel que le sondage lacrymal) ne sont pas enseignés dans le tronc commun, d'autres, indispensables à l'examen oculaire de base (tel que l'examen des différentes structures internes de l'œil) restent également non maîtrisées pour un grand nombre d'étudiants. Face à ce manque ainsi qu'à l'inégalité des possibilités de mise en pratique de l'ophtalmologie équine lors du cursus vétérinaire, le recours à un modèle de simulation à l'examen oculaire du cheval semble être judicieux.

b) Intégration de la simulation à l'enseignement vétérinaire

La simulation médicale est utilisée depuis maintenant plusieurs dizaines d'années dans la formation des professionnels de santé sous de nombreux supports : des modèles, des mannequins, des cadavres, des mises en scènes de fausses consultations, des logiciels informatiques, ou encore de la réalité virtuelle, etc... A l'origine créée pour la médecine humaine, elle est maintenant en plein essor dans la médecine animale.

L'utilisation de la simulation dans l'apprentissage de la médecine vétérinaire a permis d'accompagner les évolutions technologiques médicales, de pallier au manque de pratique, de fournir un environnement d'apprentissage sécurisant, d'améliorer les compétences cliniques des étudiants tout en respectant les problématiques actuelles de bien-être animal (Scalese et Issenberg 2005). Un rapport établi en 2017, visant à faire l'état des lieux de l'utilisation de la simulation au sein des quatre écoles vétérinaires françaises, exprime la nécessité du développement d'une formation par simulation uniforme et réglementée au sein de chacune des ENV, afin que la simulation soit entièrement intégrée au cursus vétérinaire (Vanelle et Saï 2017). Le campus vétérinaire de Lyon abrite depuis 2019 une salle entièrement dédiée à la simulation vétérinaire : la salle VetSkill. Elle compte aujourd'hui plus de 70 ateliers de simulation, et bien d'autres à venir. Des créneaux de l'emploi du temps des étudiants sont réservés à l'usage de la salle VetSkill. Certains gestes techniques (prise de sang, pose de cathéter, sutures, etc...) constituent l'objet d'un examen de simulation avant l'accès aux cliniques de l'école où

ils seront alors mis en pratique sur de vrais animaux. Outre ces créneaux obligatoires, la salle est également ouverte à tous les étudiants du lundi au mercredi de 12h à 16h puis de 18h à 20h, ainsi que les jeudi et vendredi de 14h à 19h. Elle offre ainsi, à chacun, la possibilité de s'entraîner à divers actes techniques dans des conditions sécurisantes. D'une part, il n'y a pas de limite de temps d'entraînement. Les exercices proposés dans les ateliers peuvent être répétés autant que souhaité, jusqu'à atteindre une bonne maîtrise technique. D'autre part, ces ateliers permettent un apprentissage dans lequel les erreurs sont acceptées et n'entraînent aucune conséquence sur le vivant. Ainsi, la simulation vétérinaire permet à l'étudiant d'apprendre à son rythme, de prendre peu à peu confiance en lui, et participe à diminuer son appréhension lorsqu'il devra s'exercer sur des animaux vivants (Lairmore et Ilkiw 2015). Si la simulation a pour but de compléter les enseignements des professeurs, elle permet également, à plus grande échelle, d'augmenter la qualité des soins prodigués aux animaux par les étudiants vétérinaires (Dilly, Read, et Baillie 2017).

c) L'utilisation de la simulation dans l'enseignement vétérinaire de l'ophtalmologie

Concernant la simulation en ophtalmologie, il existe des modèles à moindre coût et facilement réalisables pour l'examen oculaire du chien. Nous exposerons ci-après deux exemples de modèles de simulation développés au sein d'établissements d'enseignement vétérinaire.

Un modèle de simulation à la visualisation du fond d'œil du chien a été développé par une enseignante de la Ross University School of Veterinary Medicine (Nibblett et al. 2015) (Fig.30). Bien qu'une étude sur l'intérêt pédagogique de ce modèle ne permette pas de montrer un impact positif sur les compétences cliniques des étudiants, ce modèle est néanmoins jugé pertinent par de nombreux enseignants d'ophtalmologie. La base de ce modèle peut ainsi être utilisée et complexifiée en mettant en avant différentes affections du fond d'œil afin d'en augmenter l'intérêt pédagogique.

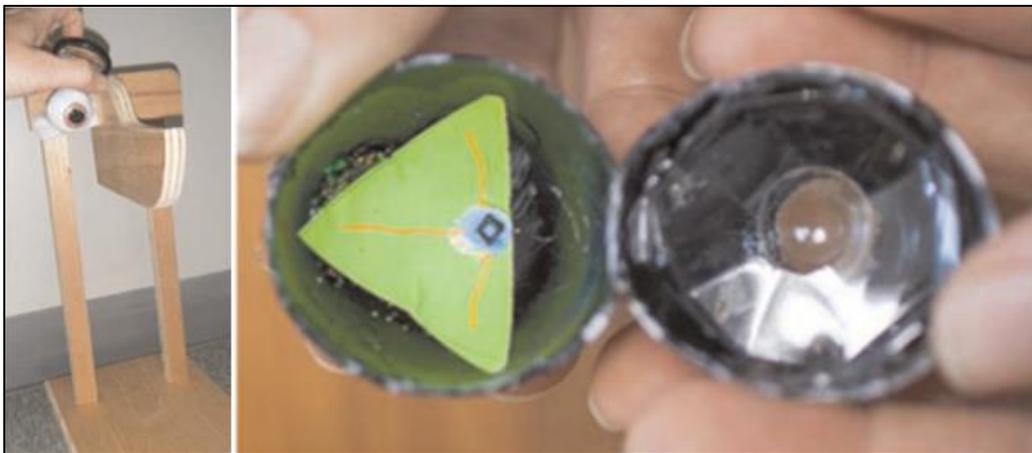


Figure 30 - Modèle de simulation à l'examen du fond d'œil de chien (Nibblett et al. 2015)

Un autre modèle de simulation a été réalisé par la Dr. Vet. WEISSNER au sein de la salle VetSkill dans le cadre d'une thèse vétérinaire (Weissner 2020) (Fig.31). Ce modèle, plus complexe, permet un entraînement plus complet à l'examen oculaire du chien. Des yeux interchangeables illustrent les variations physiologiques ainsi que les principales affections oculaires chez le chien (tels que la luxation de la glande nictitante, l'ulcère ou encore les néoplasies, etc...) et permettent la réalisation de nombreux actes techniques (examen des différentes structures de l'œil et de ses annexes).

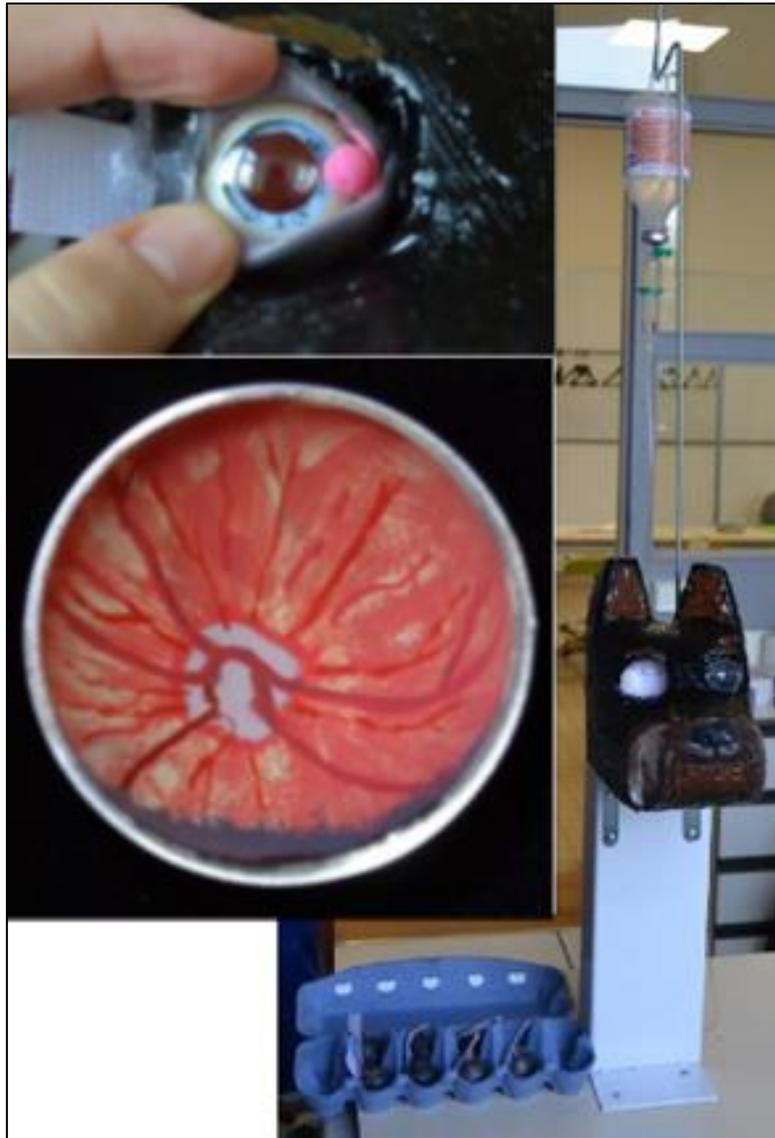


Figure 31 - Modèle HOT-Dog avec exemple de l'oeil subalbinos de Berger Australien et de la luxation de la glande nictitante (Weissner 2020)

Ce dernier modèle étant disponible aux étudiants vétérinaires de A4, A5 et A6 depuis janvier 2021, deux questions du questionnaire évoqué précédemment (*annexe 1*) concernent son utilisation. 38 étudiants ayant répondu au questionnaire déclarent avoir utilisé le modèle HOT-Dog. A la suite de l'utilisation de ce modèle, 76,3% d'entre eux retiennent un ou plusieurs apports pédagogique(s), le principal étant « la maîtrise des instruments d'ophtalmologie (57,9%) », suivi de « la connaissance de l'anatomie de l'œil du chien (21%) » puis de « la maîtrise du déroulé de l'examen oculaire chez le chien (21%) » et « le gain de confiance en soi (18,4%) » (*Fig.32*).

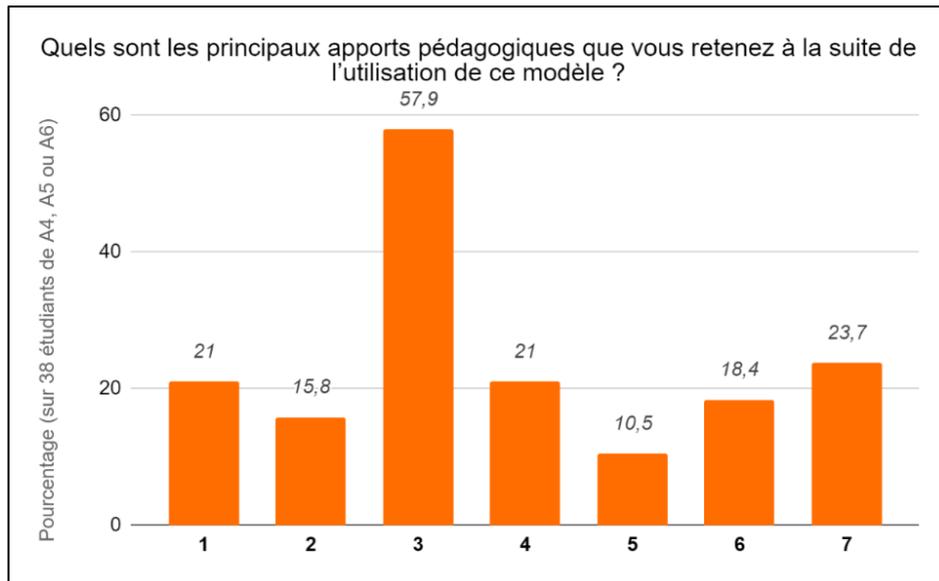


Figure 32 - Apports pédagogiques retenus par les étudiants ayant utilisé le modèle HOT-Dog (réponse au questionnaire annexe 1, E. JULIEN)

1. Connaissances de l'anatomie de l'œil du chien
2. Connaissance et diagnostic des principales affections oculaire canines
3. Maitrise des instruments d'ophtalmologie
4. Maitrise du déroulé de l'examen oculaire
5. Gain de temps à la réalisation d'un examen oculaire
6. Gain de confiance en soi
7. Aucun apport

Certaines études sur l'impact de la simulation en ophtalmologie renforcent ces propos. Il a été montré que la simulation améliore les connaissances théoriques en ophtalmologie, mais aussi la maitrise d'actes techniques complexes, tels que l'observation du fond d'œil (Westermeyer et al. 2019; Mahmoud et al. 2021).

A ce jour, aucun modèle de simulation n'est disponible dans le commerce pour l'entraînement à l'examen oculaire du cheval. Si la maitrise des instruments d'ophtalmologie constitue une des appréhensions fréquente chez les étudiants vétérinaires ayant participé au questionnaire, ils appréhendent surtout un manque de connaissance sur l'anatomie de l'œil du cheval et de ces affections les plus courantes (Fig.33).

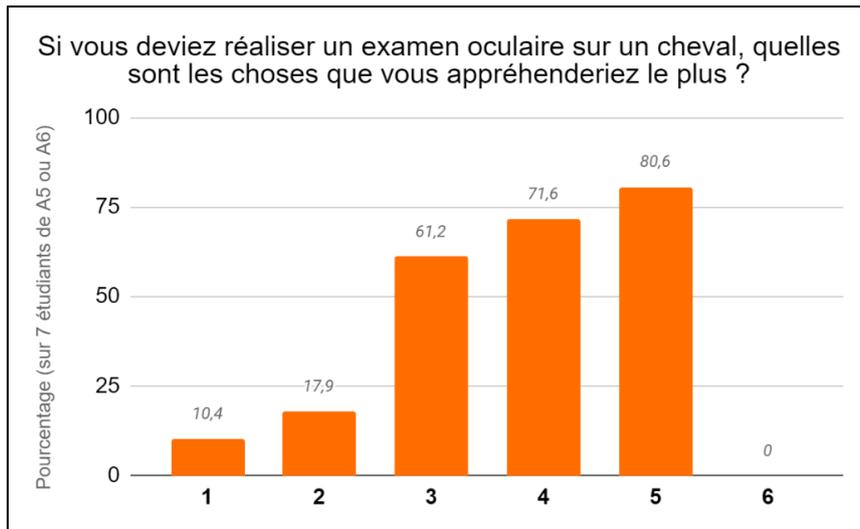


Figure 33 - Appréhensions des étudiants de A5 et A6 face à la réalisation d'un examen oculaire sur un cheval (réponse au questionnaire annexe 1, E. JULIEN)

1. La contention du cheval
2. La manipulation de la sphère oculaire
3. L'utilisation des instruments ophtalmologiques
4. Un manque de connaissance sur la structuration anatomique de l'œil du cheval
5. Un manque de connaissance sur les affections de l'œil du cheval
6. Aucune appréhension

Bien que les supports disponibles chez le chien constituent un réel atout pour l'apprentissage de l'ophtalmologie, l'élaboration d'un modèle dédié au cheval pourrait permettre d'aider les étudiants dans leur apprentissage des spécificités liées à l'espèce équine. Ce projet de modélisation est sollicité par 85,4% des étudiants ayant participé au questionnaire (Fig.34.A). Bien que 46,7% de ces étudiants ne désirent pas s'orienter vers la pratique de la médecine équine, 78% d'entre eux déclarent être tout de même intéressés par la mise en place du modèle de simulation (Fig.34.B). Le déroulé de l'examen oculaire étant dans l'ensemble similaire à celui d'un carnivore domestique, l'apprentissage sur un modèle grand format (lié à la taille importante du globe oculaire du cheval) peut également contribuer à renforcer la maîtrise générale de l'ophtalmologie, tout en sachant qu'il est bien évidemment nécessaire de s'adapter aux particularités de l'espèce examinée.

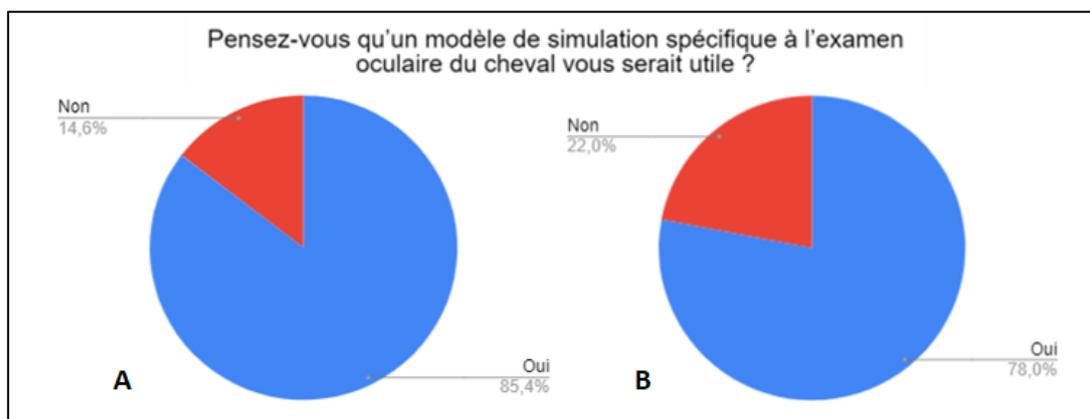


Figure 34 - Proportion des étudiants de A4, A5 ou A6 intéressés par la mise en place d'un modèle de simulation spécifique à l'examen oculaire du cheval (réponse au questionnaire annexe 1, E. JULIEN)

- A : Parmi l'ensemble des étudiants ayant répondu au questionnaire
 B : Parmi les étudiants ayant répondu et ne souhaitant pas s'orienter vers la pratique de la médecine vétérinaire équine

2. Intérêt pédagogique dans le secteur équestre

Un modèle de simulation à l'examen oculaire du cheval pourrait également être utilisé auprès d'un public plus large que les étudiants vétérinaires, tels que : les propriétaires de chevaux, les gérants de centre équestres, ou encore toute autre personne susceptible d'intervenir dans le milieu équestre. Il serait possible de les sensibiliser aux principales affections oculaires du cheval et de leur apprendre les gestes techniques de bases comme l'ouverture des paupières et l'application de collyre. Les affections oculaires du cheval constituent bien souvent des urgences, dont le pronostic dépend de la rapidité de la prise en charge. Ainsi, il est possible d'imaginer que les personnes travaillant auprès des chevaux soient en mesure de reconnaître plus facilement les signes d'appels d'une anomalie oculaire (écoulement, conjonctivite, ulcération, etc...) et fassent donc appel à leur vétérinaire plus rapidement. De plus, l'entraînement à la manipulation des paupières et/ou d'un cathéter sous-palpébral pourrait faciliter l'observance des traitements ophtalmiques souvent longs et fastidieux.

3. Intérêt éthique : le respect du bien-être animal

L'utilisation de la simulation vétérinaire s'inscrit tout droit dans les grands principes de base de l'éthique et du bien-être animal. Depuis plusieurs décennies, le bien-être animal constitue une problématique majeure pour les secteurs d'activités liés aux animaux (éleveurs, vétérinaires, laboratoires de recherche, etc...). La formation vétérinaire se voit contrainte à trouver des axes d'améliorations du bien-être animal tout en maintenant la qualité de l'apprentissage de ses étudiants. En 1959, trois grands principes sont proposés pour limiter l'utilisation des animaux dans les laboratoires de recherche. C'est la règle de 3R : **R**éduire le nombre d'animaux utilisés, **R**emplacer les animaux par d'autres supports, **R**affiner les expériences afin de limiter leur impact négatif sur le bien-être animal (Russel et Burch 1959). Aujourd'hui transposable à la formation vétérinaire, cette règle a permis de grandes améliorations (Lairmore et Ilkiw 2015), telles que le développement de la simulation vétérinaire qui réduit, et remplace dans la mesure du possible, l'utilisation d'animaux vivants.

A plus petite échelle, la simulation vétérinaire permet aux étudiants d'être plus efficaces sur le terrain, et donc d'améliorer les conditions d'examen et de prise en charge de l'animal. Certaines affections peuvent être très douloureuses, si bien que la coopération de l'animal n'est pas toujours obtenue très longtemps. L'examen ophtalmologique fait appel à du matériel très spécifiques (ophtalmoscope, biomicroscope, matériel de sondage lacrymal, etc...) qui nécessite un bon apprentissage préalable à son utilisation sur le terrain. Des gestes sûrs et précis, permettent une meilleure mise en confiance de l'animal ainsi qu'une réduction du temps d'examen et donc de la douleur et du stress engendrés par les diverses manipulations.

B) Objectifs pédagogiques du modèle de simulation à l'examen oculaire du cheval

Le modèle de simulation à l'examen oculaire du cheval a pour but de fournir un support pédagogique aux étudiants et aux professeurs, et ainsi de contribuer à l'enseignement de l'ophtalmologie équine.

Ce modèle, adapté au cheval, complètera l'atelier de simulation à l'ophtalmologie du chien. Il permettra ainsi de renforcer la maîtrise générale de l'ophtalmologie vétérinaire (déroulement d'un examen oculaire, utilisation des instruments d'ophtalmologie, etc...) tout en constituant un support, complémentaire aux cours d'ophtalmologie équine, permettant d'illustrer les particularités liées à cette espèce. Qu'elles soient anatomiques, physiologiques ou encore techniques, les différences de l'examen oculaire chez le cheval devront être mise en avant afin de fournir aux étudiants un support pédagogique pertinent. En effet, il est important de les familiariser avec ses particularités afin qu'ils puissent être plus autonomes sur le terrain avec un vrai cheval.

En lien direct avec le référentiel pédagogique du cursus vétérinaire en l'ophtalmologie équine, ce modèle doit pouvoir illustrer des variations physiologiques et pathologiques courantes de l'œil du cheval. L'utilisation de ce modèle de simulation doit également permettre d'accroître la sensibilité des étudiants aux diverses anomalies de l'œil du cheval ainsi qu'à leur diagnostic.

Le tableau suivant (*Tableau 2*) regroupe l'ensemble des compétences pédagogiques à intégrer au modèle de simulation à l'examen oculaire du cheval, ainsi que le matériel nécessaire à leur réalisation. Les cases grises correspondent aux compétences non retenues pour ce modèle (la justification de ces choix est explicitée dans la colonne « Remarque »).

*Tableau II - Compétences pédagogiques intégrées au modèle (tableau sur 2 pages)
Les cases grises correspondent aux compétences non retenues.*

Compétence pédagogique	Matériel nécessaire <i>(outre le simulateur)</i>	Remarque
Abord du cheval et placement par rapport à lui	/	
Ouverture manuelle des paupières	/	
Réalisation d'un bloc anesthésique auriculo-palpébral	Seringue de 2mL montée d'une aiguille de 25 gauges	Déjà présent sur le modèle de simulation d'anesthésie de l'œil du cheval
Evaluation de la vision		Non conservé car non réalisable
Tests neurologiques : clignement à la menace, réflexe palpébral, réflexes photomoteurs, réflexe d'éblouissement.		Non conservés car non réalisables
Evaluation de la forme et position des paupières	/	
Mise en place et utilisation d'un cathéter sous-palpébral	Matériel pour désinfection, Relève paupière, Kit cathéter sous-palpébral, Système de fixation (scotch, vetrap, abaisse langue) Seringues de 1mL	Ne fait pas partie intégrante de l'examen oculaire, mais il s'agit d'un acte technique facilement ajoutable au modèle, permettant la sensibilisation des étudiants à ce dispositif fréquemment utilisé en ophtalmologie équine.

Acte technique	Matériel nécessaire <i>(outre le simulateur)</i>	Remarque
Evaluation des conjonctives oculaires	/	
Manipulation et observation de la membrane nictitante	Pince à dent mousse	
Evaluation de la production lacrymale : réalisation d'un test de Schirmer	Bandelettes de Schirmer	Déjà présent sur le modèle de simulation HOT-Dog
Réalisation d'un prélèvement (frottis conjonctival)	Ecouvillon ou cytobrosse	Déjà présent sur le modèle de simulation HOT-Dog
Sondage et rinçage des voies lacrymales	Matériel pour désinfection, Gel lubrifiant, Sonde urinaire pour chat et chien, Seringues de 2 et 5mL	Rinçage non conservé car le modèle créé n'est pas résistant à l'eau
Evaluation générale du globe oculaire (position, taille)	/	Non modélisable car une seule taille d'yeux
Instillation de collyre	Pipette de sérum physiologique	Non conservé car le modèle n'est pas résistant à l'eau
Mesure de la pression intra-oculaire	Tonopen	Absence de Tonopen dans la salle Vet'Skill
Maitrise de l'utilisation de l'ophtalmoscope direct et de ses filtres	Ophtalmoscope direct	
Maîtrise de l'éclairage fente : visualisation des 3 images de Purkinje-Sanson	Ophtalmoscope direct	
Evaluation de l'intégrité de la cornée (transparence, régularité)	A l'œil nu et/ou ophtalmoscope direct	
Evaluation de la qualité de l'humeur aqueuse (transparence)	A l'œil nu et/ou ophtalmoscope direct	
Evaluation de la forme et couleur de l'iris	A l'œil nu et/ou ophtalmoscope direct	
Evaluation du cristallin (transparence, position, taille)	A l'œil nu et/ou ophtalmoscope direct	
Evaluation de la qualité du vitré (transparence)	Ophtalmoscope direct	Vitré modélisé par de l'air, pas de variation possible.
Evaluation du fond d'œil (couleur, aspect, forme, vascularisation)	Ophtalmoscope direct ou transilluminateur avec une lentille de 20 dioptries (ophtalmoscopie indirecte)	

Il s'agit ici d'un modèle complexe, permettant l'entraînement à de nombreux actes techniques de l'examen oculaire du cheval. Certaines compétences, déjà intégrées sur le modèle HOT-Dog n'ont pas été conservées sur ce modèle.

Partie III – Construction du modèle de simulation à l'examen oculaire du cheval et bilan

Une fois les intérêts et objectifs du modèle décrits, il convient, selon le guide publié par la Haute Autorité de Santé (Ildefonse, Granry, et Moll 2012) de passer à la partie pratique de l'élaboration du modèle. Les étapes de fabrication et la liste précise du matériel nécessaire sont décrites. Il convient ensuite de concevoir les fiches techniques d'utilisation associées au modèle. Enfin, une évaluation critique du modèle de simulation est réalisée dans le but de vérifier si les différents objectifs pédagogiques ont bien été atteints.

A) Construction du modèle HORSE (Horse Ophthalmology Reliable Simulation Element)

Cette première sous-partie est consacrée à la construction du modèle HORSE (Horse Ophthalmology Reliable Simulation Element). Ce modèle est constitué d'un support en forme de tête de cheval dont la première orbite abrite un œil physiologique fixe accompagné de son système lacrymal et d'un atelier de pose de cathéter sous-palpébral. L'autre orbite permet la mise en place d'yeux interchangeables illustrant diverses modifications, physiologiques et/ou pathologiques, de l'œil du cheval.

Les étapes de fabrication du modèle ont souvent été réalisées en même temps. Pour un souci de clarté, nous commencerons donc par détailler la construction du support puis de l'œil physiologique avant de s'attarder sur les différents yeux interchangeables.

1. Construction du support du modèle

a) *Forme générale du support*

Afin de créer un modèle le plus fidèle possible à la réalité, le support du modèle HORSE est conçu à partir du mannequin en résine utilisé pour la simulation à la palpation transrectale du cheval (*Fig.35*). La tête du mannequin est séparée du corps afin de pouvoir travailler plus aisément à la conception du support.



Figure 35 - Découpe du support (photographies originales E. JULIEN)

b) *Modélisation du nez en silicone*

i) Procédure d'utilisation du silicone

Le modèle HORSE est composé de nombreuses pièces moulées en silicone. Au total, trois silicones différents sont utilisés dans le modèle : le Dragon Skin FX-Pro (*Fig.36*), l'Ecoflex 00-20, ainsi que l'Encapso K. Les deux premiers silicones diffèrent par leur souplesse (l'Ecoflex est plus souple), tandis que l'Encapso K est un silicone friable d'encapsulation, utilisé principalement pour de la décoration.

Les silicones utilisés se présentent sous la forme de deux phases liquides (A et B) et s'utilisent tous de la même manière. Lors de la préparation du silicone, il convient de mélanger ses deux phases dans des proportions égales. Le nez, par exemple, résulte du mélange de 350g de phase A et de 350g de phase B, pour une pièce finale de 700g de silicone Dragon Skin FX-Pro. Lors du mélange des deux phases, il est possible d'ajouter des pigments de couleurs (Fig.36) afin de colorer le silicone. Pour le nez, du marron et des pigments couleur peau sont utilisés. Après mélange des deux phases, le silicone reconstitué est placé 5 minutes sous une cloche reliée à une pompe à vide, afin d'enlever les bulles formées lors du mélange et donc de lisser le silicone (Fig.36). Le silicone est ensuite coulé dans un moule puis laissé de côté jusqu'à obtention d'une polymérisation complète. En fonction du type de silicone, la polymérisation est plus ou moins rapide : environ 40 minutes pour le Dragon Skin FX-Pro, 4 heures pour l'Ecoflex 00-20 et 24 heures pour l'Encapso K. Passé ce délai, le silicone peut ensuite être manipulé.



Figure 36 - Présentation du silicone Dragon Skin FX-Pro, des pigments de couleur pour silicone et de la pompe à vide (photographies originales E. JULIEN)

ii) Moulage du nez

Le moule du nez du cheval est réalisé en alginate (Fig.37). Pour ce faire, la partie rostrale de la tête du cheval est placée dans un seau, puis de l'alginate fondu à la casserole est ajouté. Après refroidissement, l'alginate polymérise et durcit. La tête du mannequin est retirée, laissant ainsi l'empreinte du nez du cheval. Des seringues (une courte à gauche et une longue à droite) sont placées au niveau des naseaux afin de former des cavités nasales, plus ou moins creusées. 700g de silicone Dragon Skin FX-Pro sont coulés dans le moule d'alginate. Le nez est ensuite démoulé et les seringues sont retirées. La narine droite, totalement creusée, permettra d'intégrer à posteriori un atelier de simulation au sondage naso-gastrique chez le cheval. La narine gauche, volontairement moins creusée, accueille l'abouchée du canal lacrymal en face ventrale. Ce canal est modélisé par une tubulure en silicone de 3mm de diamètre interne, insérée à travers le silicone grâce à une tige métallique rigide pointue. Il constitue ainsi l'atelier de sondage lacrymal rétrograde chez le cheval.



Figure 37 - Moulage des naseaux en silicone après empreinte du nez dans l'alginate et création d'un passage pour le canal lacrymal dans la narine gauche (photographies originales E. JULIEN)

c) Modélisation de l'orbite gauche

Un moule, modélisant l'orbite du cheval, est créé à l'aide de Tinkercad (*Tinkercad*), un logiciel gratuit en ligne de modélisation en 3D (3 Dimensions) (*Fig.38*). Ce moule permet à la fois le moulage en silicone de l'arrière du globe oculaire (voir ci-après dans la partie *Assemblage de l'œil physiologique*), ainsi que la fixation de l'œil physiologique (œil gauche) à la tête du cheval. Il est imprimé à l'aide de l'imprimante FDM (Fused Deposition Modeling, technique à dépôt de filament) de VetAgroSup.

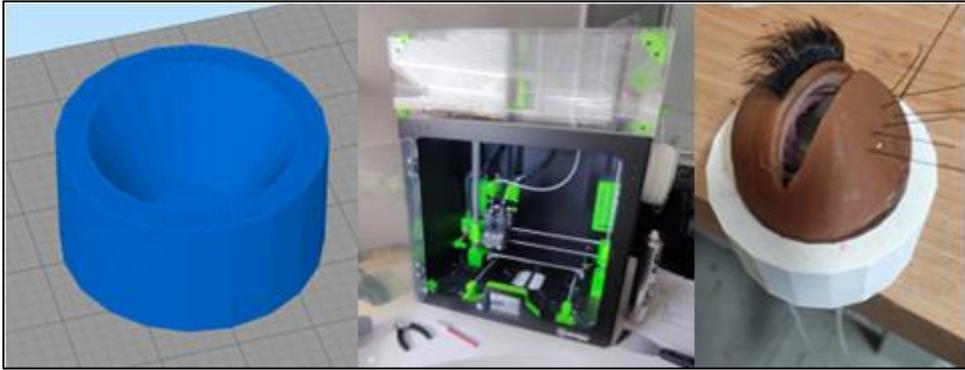


Figure 38 - Modélisation 3D puis impression, avec une imprimante FDM, d'un moule permettant le moulage de l'arrière des yeux ainsi que la fixation de l'œil physiologique dans le support (photographies originales E. JULIEN)

d) Assemblage du support et modélisation de l'orbite droite

Les naseaux et les yeux sont détourés et retirés de la tête du mannequin pour permettre l'assemblage les différentes parties du support entre elle. L'œil physiologique et son orbite sont fixés à l'intérieur de la tête, au niveau de l'orbite gauche, à grâce à du matériel de récupération : des écrous ainsi qu'une plaque de bois et une tige filetée préalablement fixés à l'intérieur de la tête avec du mastic armé (*Fig.39*). Afin d'accueillir les yeux interchangeables, une empreinte de la forme de l'arrière des yeux est réalisée en mastic armé à l'intérieur de la tête, au niveau de l'orbite droite (*Fig.40*). Un aimant est ajouté dans la résine, il permettra le bon maintien des yeux qui s'interchangeront par l'extérieur de la tête du cheval.



Figure 39 - Détourage des yeux et des naseaux puis fixation de l'œil physiologique au niveau de l'orbite gauche (photographies originales E. JULIEN)



Figure 40 - Moulage en mastic armé de l'orbite droite, réceptacle des yeux interchangeables (photographies originales E. JULIEN)

Le nez en silicone est ensuite mis en place, le canal lacrymal est relié par l'intérieur au canalicule inférieur de l'œil physiologique (voir ci-après dans *Modélisation des paupières et des canalicules lacrymaux*) (Fig.41).



Figure 41 - Installation du nez en silicone et connexion des voies lacrymales (photographies originales E. JULIEN)

2. Création de l'œil physiologique fixe, relié au système lacrymal, et mise en place de l'atelier de pose de cathéter sous-palpébral

a) Modélisation du globe oculaire

Le globe oculaire est modélisé par une sphère en plastique transparente de 5cm de diamètre composé de deux hémisphères emboîtables.

i) Modélisation du segment antérieur

L'iris est imprimé sur papier à partir d'une photo retravaillée grâce au logiciel GIMP (logiciel gratuit d'édition et de retouche d'image) de l'œil d'un cheval (*Fig.42*). Il est découpé en prenant soin de laisser une fine bande blanche autour de la photo : cela modélisera le ligament pectiné, visible chez le cheval.

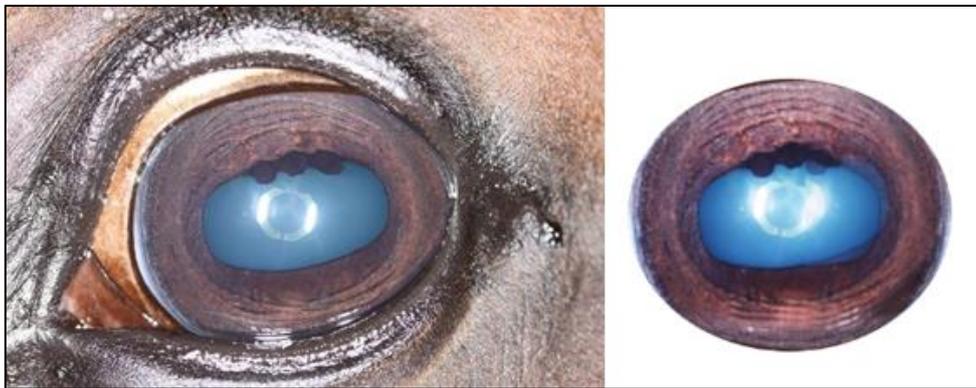


Figure 42 - Retouche d'une photographie d'iris grâce au logiciel GIMP afin d'extraire puis de recréer une iris complète (retouche photographique par E. JULIEN)

Le cristallin est modélisé par une lentille plan convexe de 25mm de diamètre et de 40mm de distance focale. Afin de fixer et maintenir l'ensemble de ces éléments dans la sphère, une pièce circulaire de 40mm de diamètre, trouée en son centre par un cercle de 24mm de diamètre est modélisée sur Tinkercad (*Tinkercad*) puis imprimée avec l'imprimante FDM. Elle modélise les corps ciliaires. La pupille de l'iris est retirée, et le restant est collé sur la face avant de cette pièce, tandis que la lentille est clipsée puis collée sur la face arrière de la pièce. Des grains iriens façonnés avec du silicone noir sont collés sur le bord pupillaire supérieur de l'iris. L'ensemble est ensuite placé puis collé dans une demi-sphère. Un diamètre de 40mm pour la pièce modélisant les corps ciliaires permet d'obtenir le placement de l'iris et du cristallin à une distance maximale de 1cm par rapport à la cornée et de 4cm par rapport à la rétine. La surface extérieure de l'hémisphère antérieure (hors cornée) est peinte avec de la peinture blanche rosée afin de modéliser la conjonctive bulbaire. Un liseré de peinture noire est ajouté au niveau de la jonction scléro-cornéenne (*Fig.43*).



Figure 43 - Modélisation du segment antérieur du globe (photographies originales E. JULIEN)

ii) Modélisation du segment postérieur

La partie postérieure du globe oculaire abrite le fond d'œil. Afin d'obtenir un fond d'œil le plus réaliste possible, de vraies photos de fond d'œil ont été utilisées après reconstruction grâce au logiciel GIMP (Fig.44).

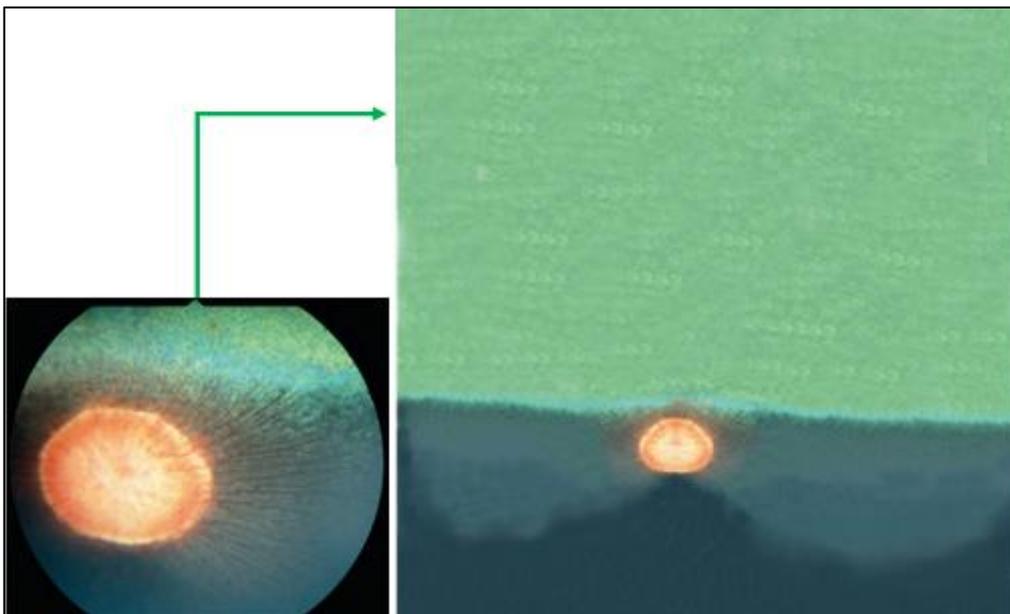


Figure 44 - Travail de reconstruction de photographie de fond d'œil sur GIMP (retouche photographique par E. JULIEN)

Le fond d'œil est ensuite imprimé sur la sphère grâce à l'hydrodipping (Fig.45). Il s'agit d'une technique permettant l'impression d'images sur des surfaces non planes (ici, la face postérieure des sphères en plastique). La photo de fond d'œil est imprimée à l'aide d'une imprimante classique (à jet d'encre avec de l'encre à eau) sur un papier spécialement conçu pour l'hydrodipping. Puis, un fixateur, dit fixateur A, est appliqué sur le papier imprimé puis laissé sécher 20 minutes. Les bords de l'impression sont ensuite délimités par du scotch afin d'éviter que l'impression ne se détende une fois en contact avec l'eau. Le film imprimé est retiré délicatement de son support puis est disposé à la surface d'un bac rempli d'eau pendant 1 minute (il convient d'adapter la taille du bac à la taille de l'impression). Enfin l'image flottante est recouverte d'un second aérosol, dit activateur. La face externe postérieure de la sphère, préalablement dégraissée, est ensuite rapidement trempée à travers l'impression en positionnant la papille au niveau du tiers inférieure de la surface de la sphère. La sphère est ensuite sortie de l'eau puis séchée délicatement au sèche-cheveux pendant 5 minutes pour fixer grossièrement l'impression au plastique. L'hémisphère est ensuite laissée toute une nuit afin de terminer le séchage de l'impression. Il est ensuite peint à l'extérieur avec de la peinture blanche, légèrement pailleté pour la zone de tapis (les paillettes sont assimilables aux étoiles de Winslow). Les deux hémisphères sont ensuite emboîtés et fixée au pistolet à colle.



Figure 45 - Impression de fond d'œil par hydrodipping (photographies originales E. JULIEN)

b) Modélisation des annexes oculaires

i) Modélisation des paupières et des canalicules lacrymaux

Les paupières, supérieure et inférieure, sont modélisées par un hémisphère en silicone au sein duquel vient s'insérer la partie antérieure du globe oculaire. Une fente palpébrale au sommet de l'hémisphère permet la visualisation de la cornée. Contrairement à la réalité, les paupières ne sont pas continues avec la peau de la tête du cheval. Ici, elles englobent la partie antérieure du globe oculaire.

Les paupières sont en silicone Dragon Skin FX-Pro, un silicone souple mais dense, permettant de simuler l'importante force de contraction du muscle orbiculaire chez le cheval. Elles sont moulées à la forme d'un moule spécialement conçu sur Tinkercad (*Tinkercad*), puis imprimé en 3D à l'aide d'une imprimante FDM (*Fig.46*).



Figure 46 - Moules des paupières imprimés en 3D (photographie originale E. JULIEN)

Ce moule en trois parties permet la modélisation d'une conjonctive palpébrale de 4mm d'épaisseur, dans laquelle abouche deux canalicules lacrymaux, le tout recouvert d'une couche cutanée de 2mm d'épaisseur (*Fig.47*). Il s'utilise de la manière suivante :

- 1- Mise en place d'une tubulure (1,5mm de diamètre interne et 30cm de long) au niveau des trous prévus à cet effet sur le moule A ;
- 2- Emboitement des moules A et B, maintien avec des pinces serrantes ;
- 3- Injection de 26g de silicone rose (pigments de couleur peau) ;
- 4- Attente de 40 minutes, puis retrait du moule B en prenant soin de bien laisser la conjonctive sur le moule A ;
- 5- Emboitement des moules A (avec conjonctive) et C, maintien avec les pinces serrantes ;
- 6- Injection de 24g de silicone marron roux (mélange de pigments marron, peau, jaune, et rouge) ;
- 7- Attente de 40 minutes, puis démoulage de la paupière ;
- 8- Section de la tubulure au niveau du canthus médial afin de former les deux ostiums des canalicules lacrymaux.

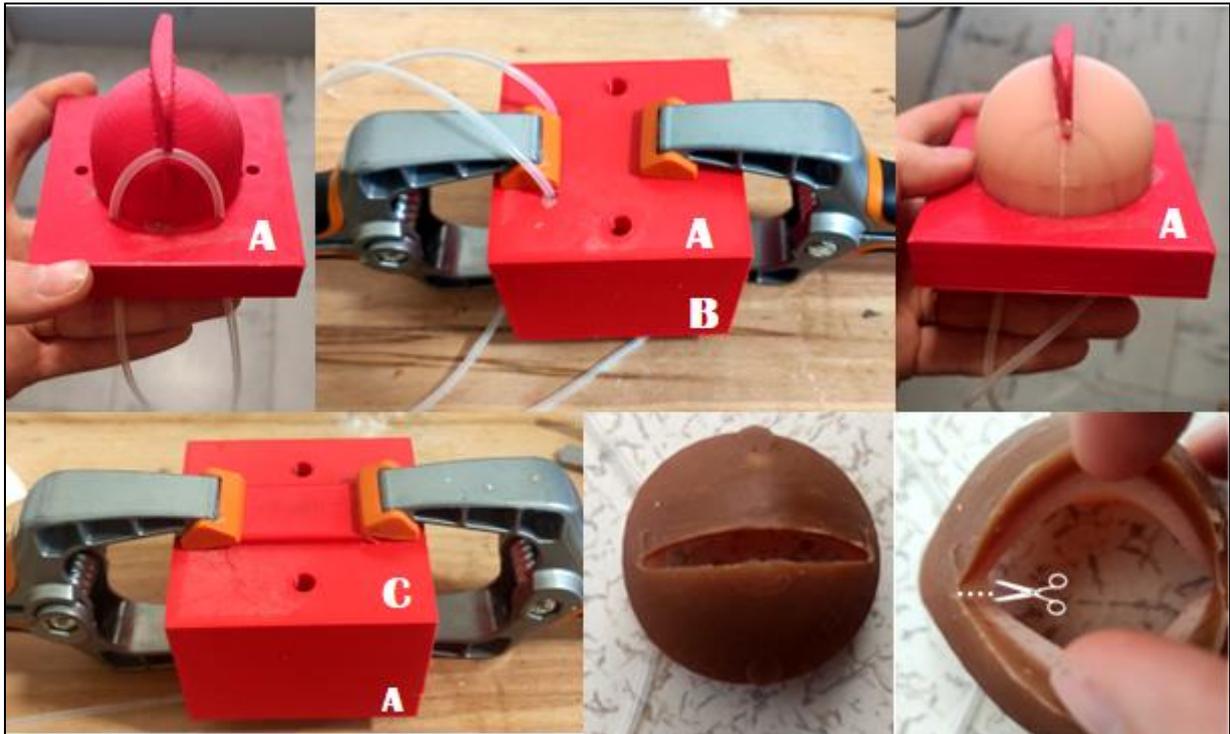


Figure 47 - Moulage des paupières avec canalicules lacrymaux (photographies originales E. JULIEN)

Le ciseau indique la zone de section de la tubulure permettant la création de deux ostiums des canalicules lacrymaux

ii) Modélisation des cils et des vibrisses

Des faux cils permettent la modélisation des cils (Fig.48). Ils sont insérés dans la paupière après réalisation d'une incision au scalpel de la couche cutanée sur une ligne parallèle à la fente palpébrale, le plus rapproché possible de cette dernière. Du silicone appliqué à la seringue tout le long de l'incision permet de fixer les faux cils et de refermer l'incision. Les cils sont ensuite raccourcis au ciseau.



Figure 48 – Mise en place et fixation des faux cils (photographies originales E. JULIEN)

Des vibrisses sont ajoutées à la paupière inférieure piquant à l'aiguille des crins, récupérés sur le mannequin de cheval, à travers la paupière (Fig.49).

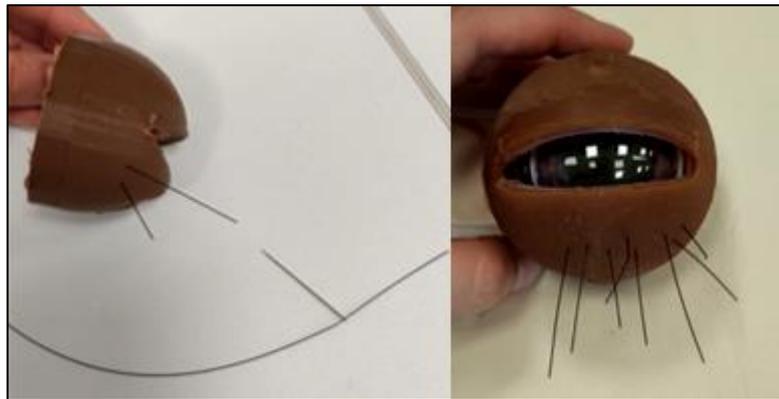


Figure 49 - Mise en place de vibrisses à l'aide d'une aiguille de couture (photographies originales E. JULIEN)

iii) Modélisation de la membrane nictitante

La troisième paupière est modélisée par une fine couche de silicone rose (utilisation des restes de la préparation pour la conjonctive palpébrale) coupée en « Y » arrondi. Du silicone noir est ajouté le long de son bord libre ainsi qu'en petit amas centré en dessous du bord libre, modélisant la caroncule. Elle est fixée aux paupières par l'intérieur avec trois points de colle pour silicone (Sil-Poxy) (Fig.50).

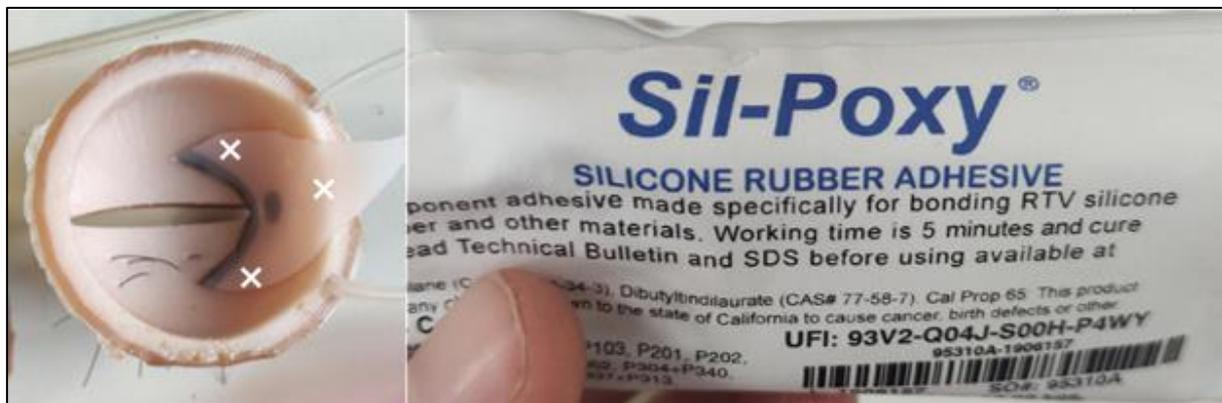


Figure 50 - Fixation de la troisième paupière (photographies originales E. JULIEN)

Les croix symbolisent l'emplacement des points de colle

c) Assemblage de l'œil physiologique

Une fois la membrane nictitante fixée, le globe oculaire est inséré dans l'hémisphère des paupières. Afin de protéger le globe, et en particulier l'impression de fond d'œil présente à l'extérieur de sa face postérieure, l'arrière de l'œil est moulé en silicone Dragon Skin FX-Pro (Fig.51). Cela permet également d'immobiliser le globe oculaire au sein des paupières. Pour ce faire, 50g de silicone sont déposés dans le moule présenté précédemment dans la partie *Modélisation de l'orbite gauche*. Le globe recouvert des paupières est inséré dans le moule jusqu'à voir un peu de silicone déborder sur les côtés. Le tout est ensuite démoulé au bout de 40 minutes. L'œil est désormais terminé. Il est fixé au support et relié au canal lacrymal comme expliqué dans la partie *Assemblage du support et modélisation de l'orbite droite*.

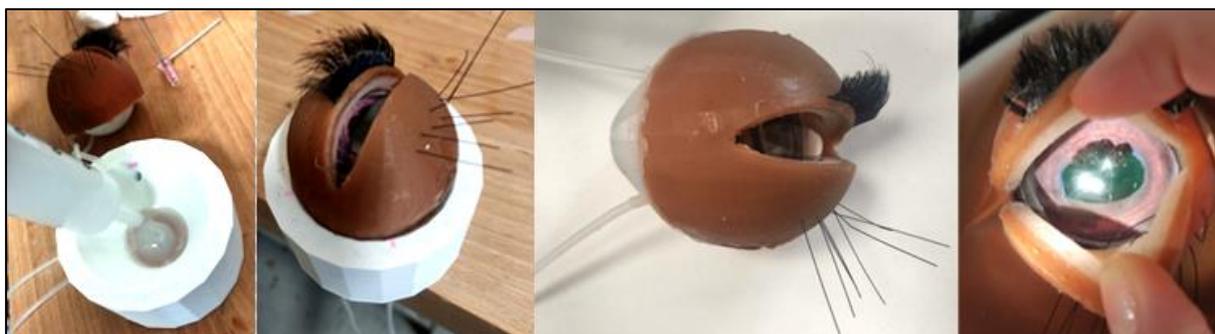


Figure 51 - Moulage de l'arrière de l'œil et aspect final de l'œil physiologique en place (photographies originales E. JULIEN)

d) Création de l'atelier « Pose de cathéter sous-palpébral »

L'œil physiologique est également le support d'un atelier supplémentaire ajouté au modèle de simulation : celui de la pose d'un cathéter sous-palpébral (Annexe 4). Cet atelier permet aux étudiants de mieux appréhender son utilisation ainsi que sa bonne mise en place. Afin d'éviter la détérioration de la paupière supérieure à la suite de perforations multiples, il a été décidé de mettre en place une tubulure à travers la paupière servant de guide pour la perforation de la paupière lors de la mise en place du dispositif (Fig.52). Ainsi, les étudiants utiliseront tous le même passage. Pour se faire, l'aiguille angulée du cathéter est introduite à 12h dans la conjonctive palpébrale supérieure de façon à transpercer la paupière en ressortant juste à la butée du mannequin en résine. L'aiguille est retirée puis un morceau de tubulure de diamètre interne de 3mm est introduit dans le trou. Il est coupé à son extrémité au niveau de la face conjonctivale, tandis que son extrémité face cutanée est laissée légèrement plus longue afin de pouvoir la fixer avec de la colle à silicone.



Figure 52 - Mise en place d'une tubulure guide pour l'atelier "Pose d'un cathéter sous-palpébral" au niveau de la paupière supérieure de l'œil physiologique (photographies originales E. JULIEN)

3. Création des yeux interchangeables

Le modèle est composé au total de six yeux interchangeables illustrant chacun diverses modifications physiologiques et/ou pathologiques de l'œil du cheval. Sauf mention contraire, l'ensemble des yeux présentés ci-après sont construit de la même manière que l'œil physiologique, à l'exception de deux choses :

- Les canalicules lacrymaux ne sont présents sur aucun d'entre eux ;
- Un aimant est ajouté dans le fond du moule lors du moulage de l'arrière des yeux afin de maintenir les yeux dans l'orbite aimantée présente sur la tête de cheval.

a) Œil n°1 : Sarcoïde palpébrale et subalbinisme (Fig.53)

Des petites masses grises en silicone Ecoflex 00-20 sont injectées à la seringue après démoulage des paupières, modélisant ainsi des sarcoïdes palpébrales, masses bénignes à différencier des masses malignes telles que des carcinomes palpébraux. Cet œil propose également une modification physiologique de la couleur de l'iris, ici bleu, associée à une modification du fond d'œil, caractéristique du subalbinisme. Deux zones d'hypoplasie irienne sont visible à 6 et 12h sur l'iris.



Figure 53 - Modélisation de sarcoïdes palpébraux, et du subalbinisme (photographies originales E. JULIEN).

b) Œil n°2 : Entropion (Fig.54), ulcère cornéen (Fig.55) et chorioretinite (Fig.56)

Une légère touche de rouge est ajoutée au silicone de la conjonctive palpébrale afin d'obtenir une coloration modélisant une conjonctivite. Il en est de même pour la membrane nictitante. Avant de mouler la face cutanée des paupières, une incision est réalisée sur la conjonctive palpébrale inférieure de telle sorte que le trou laissé soit comblé par du silicone marron, créant ainsi une impression de retournement de la paupière sur elle-même. Après démoulage final de la paupière, une incision en côte de melon est réalisée face conjonctivale en dessous de l'entropion de façon à retirer un peu de matière conjonctivale. Le bord cutané est recollé avec de la colle à silicone à la conjonctive, afin d'accentuer encore plus l'entropion.



Figure 54 - Modélisation de l'entropion (photographies originales E. JULIEN)

Tout entropion est susceptible d'engendrer des altérations de la cornée. Ici, il a été choisi de représenter un ulcère cornéen. L'ulcère est créé à l'aide d'une tige métallique chauffée, délicatement appliquée sur la surface externe de la sphère en plastique afin de créer une légère dépression. Du fixateur A (utilisé pour l'hydrodipping) est appliqué à la compresse juste en dessous de l'ulcère, face interne de la sphère, afin d'opacifier très légèrement le plastique et de modéliser un léger œdème localisé. Des traits modélisant une néovascularisation sont ajoutées au stylo rouge sur la face interne de la sphère (le fixateur permet également la fixation de l'encre rouge). La conjonctive bulbaire est teintée de rose foncé.



Figure 57 - Modélisation d'un ulcère cornéen (photographies originales E. JULIEN)

Enfin, si un myosis est souvent visible lors d'ulcération de la cornée, l'iris est ici volontairement maintenue en position physiologique afin de permettre la visualisation du fond d'œil. Le fond d'œil de cet œil illustre la chorioretinite en « aile de papillon », cicatrice d'épisode d'uvéïte postérieure.

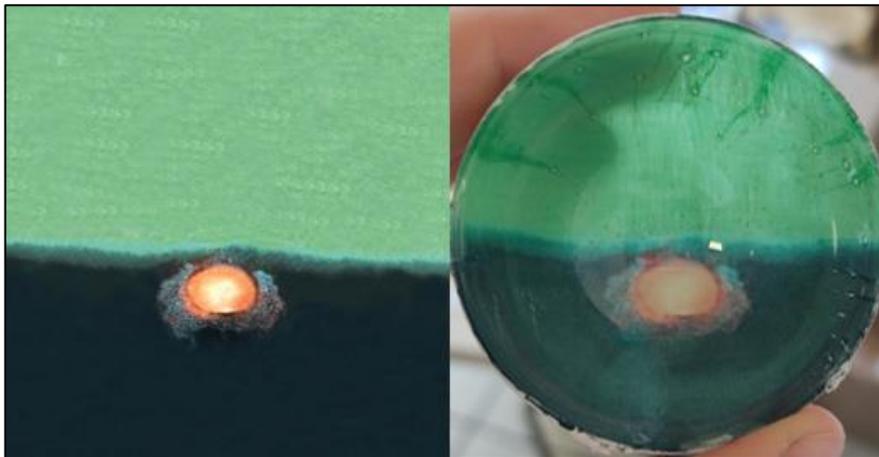


Figure 58 - Modélisation de la chorioretinite "en aile de papillon" (photographies originales E. JULIEN)

c) Œil n°3 : Carcinome de la 3^{ème} paupière (Fig.57) et abcès cornéen (Fig.58)

Comme pour l'œil précédent, la coloration rose/rouge de la conjonctive palpébrale et de la membrane nictitante est accentuée. De plus, des chutes de silicone (initialement utilisées pour former les grains iriens) sont ajoutées en tas dans l'épaisseur de la membrane nictitante, créant ainsi une masse diffuse importante : modélisation d'un carcinome de la 3^{ème} paupière. Au moment de la fixation de cette membrane aux paupières, elle est volontairement placée en procidence. Une légère déformation des paupières, causée par l'effet masse, est également visible.



Figure 61 - Modélisation d'un carcinome de la 3ème paupière (photographies originales E. JULIEN)

L'abcès est également créé à l'aide tige métallique chauffée. Cette fois-ci, la tige est appliquée sur la surface interne de la sphère en plastique afin de créer une surpression sur la face externe. Comme pour l'ulcère, du fixateur A est appliqué face interne des bordures de la sphère et une néovascularisation est ajoutée au stylo rouge. Une très petite quantité de silicone blanc Eco 00-20 est déposée à l'intérieur de la sphère pour remplir l'abcès. "Après séchage, 20g de silicone Eco 00-20, légèrement teinté de bleu, sont ajoutés afin de modéliser l'humeur aqueuse. La coloration bleutée est l'opacité du silicone représentent respectivement l'œdème cornéen majeur et la fibrine présente dans l'humeur aqueuse. Etant donnée l'opacité de l'humeur aqueuse, cet œil ne dispose ni d'iris, ni de cristallin, ni de fond d'œil. La conjonctive bulbaire est également teintée de rose foncé.



Figure 62 - Modélisation d'un abcès cornéen (photographies originales E. JULIEN)

d) Œil n°4 : Uvéite antérieure aiguë (Fig.59)

Comme pour les yeux précédents, la coloration rose/rouge de la conjonctive palpébrale et de la membrane nictitante est accentuée. Afin de créer un œdème cornéen diffus sans opacifier l'humeur aqueuse, 20g de silicone Encapso K légèrement bleuté sont coulés dans l'hémisphère antérieure du globe oculaire. Pendant la phase de séchage, de la peinture rouge est injectée à l'aiguille dans la partie inférieure de l'humeur aqueuse, modélisant un hyphéma. Des flammèches de fibrines sont modélisées par des fines traînées de peinture jaune-orangée ainsi que des fins filaments de coton. L'iris est hyperhémie et en myosis complet, rendant impossible la visualisation du segment postérieur de l'œil. Cet œil ne contient donc ni cristallin, ni fond d'œil.

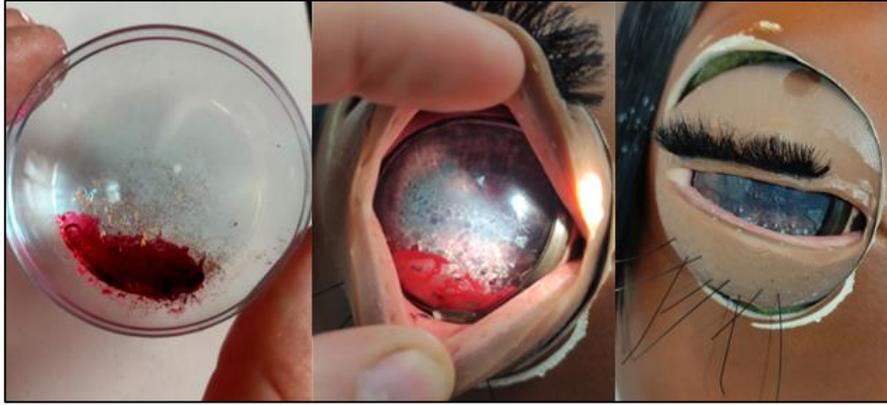


Figure 63 - Modélisation d'une uvéite antérieure active (photographies originales E. JULIEN)

e) Œil n°5 : Carcinome palpébral (Fig.60), début de cataracte et chorioretinite (Fig.61)

Comme pour les yeux précédents, la coloration rose/rouge de la conjonctive palpébrale et de la membrane nictitante est accentuée. Une multitude de masses en silicone Ecoflex 00-20 sont injectées à la seringue au niveau de la paupière inférieure. Elles modélisent une tumeur maligne invasive des paupières : le carcinome palpébral.



Figure 64 - Modélisation d'un carcinome palpébral (photographie originale E. JULIEN)

Le fond d'œil de cet œil illustre la chorioretinite « en bouton de culotte », cicatrice d'uvéite postérieure. Lorsque l'uvéite devient chronique, d'autres cicatrices sont observables, telle que l'opacification progressive du cristallin. Afin d'illustrer le phénomène d'opacification, la moitié de la lentille est frottée sur du papier de verre. Il est ainsi possible d'observer la différence entre les deux parties de la lentille.

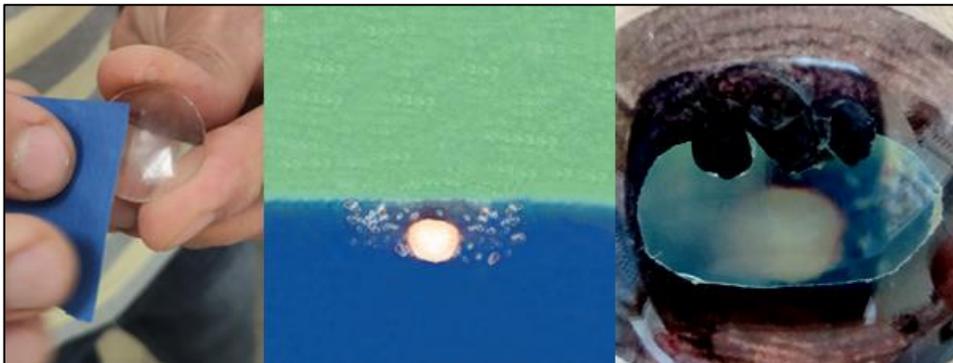


Figure 65 - Modélisation d'un début de cataracte et d'une chorioretinite "en bouton de culotte" (photographies originales E. JULIEN)

f) Œil n°6 : Uvéite chronique stade avancé (Fig.62)

Tout comme l'uvéite antérieure, un léger œdème cornéen est modélisé grâce à du silicone Encapso K discrètement bleuté. L'iris est hypopigmentée et n'est volontairement pas découpée en son centre de façon à conserver les nombreuses synéchies qui le lie au cristallin, lui-même atteint d'une importante cataracte. Les grains iriens sont atrophiés. Cet œil ne dispose ni de cristallin, ni de fond d'œil.



Figure 68 - Modélisation d'une uvéite chronique stade avancé (photographies originales E. JULIEN)

4. Intérêt pédagogique de chaque œil du modèle HORSE

L'ensemble des yeux du modèle HORSE ont été créés dans le but d'offrir aux étudiants la possibilité de visualiser les différentes structures de l'œil du cheval ainsi que leurs principales affections. Le tableau ci-dessous résume les l'intérêt pédagogique de chaque œil du modèle.

Tableau III - Intérêt pédagogique de chaque œil du modèle HORSE

	Intérêt pédagogique
Œil physiologique	Observation des structures physiologiques de l'œil du cheval Sondage des voies lacrymales Pose et utilisation d'un cathéter sous-palpébral
Œil n°1	Différenciation des masses palpébrales (sarcoïdes) Observation de modifications physiologiques de l'œil subalbinos
Œil n°2	Observation d'un entropion engendrant un ulcère cornéen Observation de différentes cicatrices d'uvéite (choriorétinite « en aile de papillon »)
Œil n°3	Différenciation des masses palpébrales (carcinome de la 3 ^{ème} paupière) Observation d'un abcès cornéen
Œil n°4	Observation d'une uvéite antérieure aiguë Visualisation de l'effet Tyndall
Œil n°5	Différenciation des masses palpébrales (carcinome palpébral) Observation d'un début de cataracte Observation de différentes cicatrices d'uvéite (choriorétinite « en bouton de culotte »)
Œil n°6	Observation d'une uvéite chronique à stade avancé

5. Aspect final du modèle HORSE (Fig.63)

Une fois le modèle HORSE terminé, la tête du cheval est refixée au reste du mannequin de cheval, ce qui permet d'ajouter une difficulté à l'examen oculaire du cheval : le placement du vétérinaire par rapport à un animal de taille importante. Afin de faciliter la réalisation de l'examen oculaire, la fixation de la tête permet également sa flexion vers le bas grâce à un système de charnière et de tendeur. La tête du cheval restant encore assez haute malgré cette première articulation, un marchepied est également mis à disposition des étudiants. Les yeux interchangeables sont disposés sur un support à côté d'une boîte contenant le matériel nécessaire à l'utilisation du modèle. L'ophtalmoscope, la lentille de 20 dioptries et le transilluminateur de Finoff sont à partager avec le modèle HOT-Dog. Le cathéter sous-palpébral est, par défaut, posé sur le modèle afin que les étudiants puissent s'exercer à l'utilisation du dispositif. Pour les étudiants de niveaux A6, interne ou supérieurs, il est possible de retirer le dispositif et de s'entraîner à la pose du cathéter.



Figure 69 -- Aspect final du modèle (photographies originales E. JULIEN)

Des fiches techniques sont imprimées et déposées à côté du modèle HORSE afin que l'étudiant puisse s'entraîner en parfaite autonomie. Elles accompagnent l'étudiant et le renseignent et sur :

- L'utilisation générale du modèle (*Annexe 2*), avec un système d'autoévaluation permettant de vérifier les différents éléments à mettre en évidence sur chacun des yeux du modèle HORSE (*Annexe 3*) ;
- La réalisation d'un sondage des voies lacrymales (*Annexe 4*) ;
- La pose (*Annexe 5*) et l'utilisation (*Annexe 6*) d'un cathéter sous-palpébral.

D'autres fiches techniques, rédigées par la Dr. Vet WEISSNER et la Dr. Vet DESJARDINS lors de la mise en place du modèle de simulation à l'ophtalmologie du chien (modèle HOT-Dog, Weissner 2020), sont également mises à disposition. Elles concernent la prise en main des instruments d'ophtalmologies (ophtalmoscope, transilluminateur de Finoff, lentille pour l'ophtalmoscopie indirecte, etc...) ainsi que le déroulé de l'examen ophtalmologique vétérinaire (adaptable à toute espèce). Ces fiches constituent une base de prérequis nécessaire à l'utilisation du modèle HORSE. Les particularités liées à l'espèce équine sont expliquées dans la fiche méthodologique d'utilisation du modèle HORSE (*Annexe 2*).

B) Bilan concernant le modèle HORSE

1. Coût de fabrication du modèle HORSE

Le tableau ci-dessous retrace l'ensemble des matériaux (et leur coût) utilisés pour la fabrication de chaque élément composant ce modèle de simulation.

Tableau IV - Liste et coût du matériel utilisé pour la conception de chaque élément d'un modèle HORSE (tableau sur 2 pages)

Élément modélisé	Matériel utilisé	Fournisseur	Prix unitaire	Quantité utilisée pour l'ensemble du modèle	Coût de revient	Remarque
Tête du cheval	Mannequin de simulation à la palpation transrectale du cheval de la salle VetSkill	Récupération (salle VetSkill)	/	1	/	Utilisation d'un mannequin déjà présent dans la salle de simulation
Orbite œil fixe	Volumic Ultra Filament 1,75mm - blanc opaque	VOLUMIC	45€ (bobine de 1kg)	76,5g	3,44€	Impression 3D, également utilisé comme moule de l'arrière des yeux
Orbite yeux interchangeables	SINTOFER mastic armée	CASTORAMA	26,90€ (pot de 500mL)	100mL	5,38€	
Moule pour les naseaux	Alginate	Récupération (salle VetSkill)	/	/	/	/
Nez en silicone	Smooth-on Dragon Skin FX-Pro	CREATION SILICONE	382,86€ (pour 7,260kg)	700g	36,91€	
Canal lacrymal	Tube Versilic Ø5mm (ext) Ø3mm (int)	UGAP	1€ (pour 1m)	40cm	0,40€	
Globe oculaire	Boule en plastique Ø5cm	AMAZON	18,99€ (lot de 20 boules)	7 boules	6,65€	
Humeur aqueuse et abcès (œil n°3)	Smooth-on Ecoflex 00-20	CREATION SILICONE	382,86€ (pour 7,260kg)	20g	1,05€	
Humeur aqueuse (yeux n°4 et 6)	Silicone friable translucide Encapso K	CREATION SILICONE	80,02€ (pour 1kg)	2 x 20g = 40g	3,20€	
Iris	Impression classique pour papier	/	/	/	/	Coût négligeable
Corps ciliaires	Volumic Ultra Filament 1,75mm - blanc opaque	VOLUMIC	45€ (bobine de 1kg)	6 x 1,8g = 10,8g	0,49€	Impression 3D

Élément modélisé	Matériel utilisé	Fournisseur	Prix unitaire	Quantité utilisée pour l'ensemble du modèle	Coût de revient	Remarque
Cristallin	Lentille optique LED plan convexe Ø25mm, F.40mm	ALIEXPRESS	2,30€ (lot de 10 lentilles)	4 lentilles	0,92€	
Fond d'œil	Aérosol fixateur A	STARDUST COLORS	19,50€ (pour 400mL)	20mL	1,22€	Hydrodipping
	Aérosol activateur		14€ (pour 400mL)	20mL	0,70€	
	Dégraissant S750		24C (pour 1L)	50mL	1,2€	
	Film de transfert		19,90€ (21cm x 1m)	21x30cm	5,97€	
	Scotch	Récupération	/	/	/	
Moules pour paupières	Volumic Ultra Filament 1,75mm - blanc opaque	VOLUMIC	45€ (bobine de 1kg)	268g	12,07€	Impression 3D
Paupières en silicone	Smooth-on Dragon Skin FX-Pro	CREATION SILICONE	382,86€ (pour 7,260kg)	7 x 50g = 350g	18,46€	
Canalicules lacrymaux	Tube Versilic Ø3mm (ext) Ø1,5mm (int)	UGAP	1€ (pour 1m)	2 x 20cm	0,40€	
Membrane nictitante	Smooth-on Dragon Skin FX-Pro	CREATION SILICONE	382,86€ (pour 7,260kg)	35g (~ 5g / membrane)	1,85€	
Arrière de l'œil	Smooth-on Dragon Skin FX-Pro	CREATION SILICONE	382,86€ (pour 7,260kg)	7 x 50g = 350g	18,46€	
	Magnet Ø 15mm x 1,5mm d'épaisseur	AMAZON	8,61€ (pour 10)	6	5,17€	Uniquement sur les yeux interchangeables)
Cils	Faux cils	AMAZON	7,98€ (les 8 paires)	7 unités	3,49€	
Passage pour cathéter sous-palpébral	Tube Versilic Ø5mm (ext) Ø3mm (int)	Récupération de chutes	/	/	/	

A ce tableau s'ajoute le suivant, retraçant les matériaux (et leur coût) utilisés plus généralement sur l'ensemble du modèle :

Tableau V - Liste et coût du matériel utilisé plus généralement pour la conception d'un modèle HORSE

Matériel utilisé	Fournisseur	Prix unitaire	Quantité utilisée pour l'ensemble du modèle	Coût de revient
Colorants liquide pour silicone Silc Pig (jaune, rouge, peau, marron, blanc, noir, bleu, sang)	CREATION SILICONE	52,74€ (pack de 9x90g colorants)	Tout confondu : 1 pot de 90g	5,86€
Peinture acrylique (blanc, rouge, noir, pailleté)	CULTURA	3,99€ (flacon de 59mL)	4	15,96€
Pinceaux divers	CULTURA	5,69€ (set de 10 pinceaux)	1	5,69€
Sil-Poxy Colle pour silicone	CREATION SILICONE	60,66€ (pour 85g)	~3g	2,14€
Bâtons de colle Ø11 mm x 30cm (colle chaude pour pistolet à colle)	LEROY MERLIN	8,99€ (34 bâtons)	3 bâtons	0,79€

Ainsi, il est possible de chiffrer le coût global de l'élaboration du modèle HORSE à environ 158€. Compte tenu de l'absence de modèle à l'examen oculaire du cheval sur le marché, ce coût est uniquement comparable à des modèles du commerce existant chez l'Homme. Par exemple, le simulateur « Eye Examination Simulator » de Kyoto Kagaku coûte environ 1700€. Or, ce modèle permet uniquement l'entraînement à la visualisation et à l'interprétation de fonds d'œil à travers dix cas cliniques différents.

Le coût de fabrication du modèle est fortement allégé par la récupération de la tête de cheval du mannequin de simulation à la palpation transrectale. A titre informatif, un mannequin de ce type coûte environ 1770€ (prix du cheval en résine uniquement, sans l'atelier de palpation). Cependant, au cas où nous n'aurions pas pu bénéficier d'un tel mannequin, un support plus basique en bois aurait pu remplacer à moindre coût la tête du cheval, réduisant toutefois le réalisme du modèle.

Les éléments les plus coûteux de ce modèle sont le silicone (quel qu'il soit) ainsi que le plastique utilisé par l'imprimante FDM. Concernant le silicone utilisé, sa grande qualité et sa forme choisie permettent de garantir une bonne résistance dans le temps face à sa manipulation par de nombreux étudiants pas toujours précautionneux avec le matériel. Les moules, quant à eux, sont réutilisables. Ils peuvent servir à la création d'yeux interchangeables supplémentaires à ajouter au modèle HORSE, ou bien à la réparation de ceux déjà existants.

Enfin, ce coût de fabrication n'inclut pas les divers essais/erreurs réalisés lors de la conception du modèle HORSE. Cependant, le coût de l'élaboration du modèle étant déjà dérisoire par rapport aux modèles trouvés dans le commerce, les dépenses liées à ses essais ne sont pas des plus importantes.

2. Difficultés rencontrées lors de la conception du modèle HORSE

La description de la fabrication du modèle n'inclut pas les divers essais/ratés auxquels il a fallu faire face. Cette partie a pour but d'exposer les principales difficultés rencontrées lors de la conception du modèle HORSE.

- Humeur aqueuse et vitré

Différentes techniques de modélisation de l'humeur aqueuse et du vitré ont été envisagées, mais aucune n'a été satisfaisante pour la modélisation de l'œil physiologique. L'eau ne permet pas d'obtenir une étanchéité complète du modèle et altère les éléments internes du globe oculaire. La résine transparente Encapso K fige, ne fuit pas, mais sa vergence trop importante modifie considérablement l'observation du fond d'œil. Ainsi il a été convenu de modéliser ces milieux par de l'air.

- Fond d'œil

La maîtrise de l'hydrodipping a constitué un réel défi. Outre les soucis liés à la maîtrise de la technique d'hydrodipping, rapidement corrigés grâce à de l'entraînement, il a fallu faire face à d'autres difficultés intimement liées aux matériaux utilisés pour la modélisation. Il a tout d'abord été question du sens d'impression du fond d'œil sur la sphère. Si la face interne de la sphère semblait privilégiée d'un point de vue anatomique, cette option a très vite été abandonnée. En effet, lors de l'immersion de l'hémisphère, face interne côté film, des bulles d'air restaient coincées ce qui déformait totalement le film de transfert et donc le fond d'œil. Ainsi il a été décidé d'imprimer sur la face externe de l'hémisphère. De plus, la surface plastique des sphères ne permet pas une bonne accroche du film, qui lors du séchage glisse et s'étire. L'utilisation au préalable d'une base d'accroche ne permettait pas de conserver la transparence du plastique, indispensable à la visualisation du fond d'œil imprimé sur la face externe de la sphère. Il a donc été nécessaire d'ajouter une étape de séchage d'environ 5 minutes au sèche-cheveux, en prenant soin de ne pas chauffer le film qui se détériore à la chaleur. Enfin, la dernière étape fut de peindre l'arrière du fond d'œil afin faire ressortir les couleurs de l'impression. Des couches trop épaisses de peintures acryliques provoquaient un craquèlement du film lors du séchage. Il a donc fallu appliquer 2 à 3 couches de peinture en prenant soin de les faire les plus fines possibles.

- Paupières

La conception du moule des paupières est issue de l'adaptation d'un moule conçu par Matthieu WEISSNER, initialement destiné au moulage de paupières siliconée du modèle du chien créé par la Dr. Vet. WEISSNER (modèle HOT-Dog, Weissner 2020). Cependant les proportions de ce moule n'étaient pas adaptées pour le cheval, il a donc fallu le reconstruire entièrement aux bonnes dimensions en l'adaptant à la taille de la sphère utilisée sur le modèle HORSE, de façon à obtenir des paupières de taille, de forme et d'épaisseur plus fidèles à la réalité.

- Cils

La technique d'implantation des faux-cils a également été repensée. Il été initialement prévu de fixer les cils directement lors du moulage de la face cutanée des paupières grâce à une petite ouverture présente sur le moule des paupières. Ainsi les faux-cils étaient insérés dans cette ouverture au niveau du bord libre de la paupière supérieure et le silicone marron coulé dans le moule des paupières de sorte qu'il polymérise autour des faux-cils. Cette technique ne permettant pas un positionnement satisfaisant des cils, il a finalement été préférable de les fixer après le moulage des paupières via une incision dans le silicone.

- Membrane nictitante

Plusieurs techniques de modélisation de la membrane nictitante ont été envisagées. Tout d'abord, une conception 3D sur Tinkercad (*Tinkercad*) a permis la conception de membrane nictitante en résine grâce à une imprimante SLA (Stereolithography Apparatus, technique de solidification localisée de matériel liquide). Or, la rigidité de la résine ne permettait pas d'obtenir un résultat visuel satisfaisant. Par la suite, un moule permettant le moulage de membranes nictitantes en silicone a été réalisé sur Tinkercad puis imprimé en 3D. Pour autant, les membranes obtenues n'étaient toujours pas satisfaisantes car trop épaisses. Finalement, la technique privilégiée fut d'étaler une simple couche de silicone avec une spatule sur une surface plane, puis de découper la membrane nictitante à la forme souhaitée après séchage.

3. Validation de l'intérêt pédagogique du modèle HORSE

Lors de la conception d'un modèle de simulation, il est important d'en démontrer l'intérêt pédagogique réel.

Il serait ainsi judicieux d'envisager une étude comparative, visant à évaluer les compétences en ophtalmologie équine de deux groupes d'étudiants, l'un ayant accès au modèle, l'autre non. Or, par manque de temps, ce travail n'a pas pu être réalisé. Il pourrait cependant constituer l'objet d'une thèse expérimentale.

Afin d'analyser le modèle HORSE, nous nous appuyerons donc uniquement sur l'étude réalisée en 2005 par S. Barry Issenberg et Ross J. Scalese, visant à établir des critères de validation de l'efficacité d'un modèle de simulation (Scalese et Issenberg 2005). A travers cette étude, dix critères ont été établis :

- **Un retour sur expérience est possible lors de l'utilisation du modèle de simulation.**
→ Les fiches méthodologiques permettent à l'étudiant de s'autoévaluer en comparant ses observations à celles attendues. Il peut également interagir avec le responsable de la salle VetSkill en cas de difficulté.
- **Le modèle de simulation assure une répétabilité de l'entraînement.**
→ L'étudiant est libre de s'entraîner autant que nécessaire sur les plages horaires d'ouverture de la salle VetSkill. De plus, le modèle est conçu avec des matériaux résistants dans le temps. En cas d'altération, le responsable de la salle VetSkill a la capacité de réparer le modèle.

- **L'utilisation du modèle de simulation est intégrée au cursus vétérinaire.**
→ Des créneaux de l'emploi du temps sont spécifiquement réservés à l'utilisation des différents ateliers de la salle de simulation. De plus, les étudiants, en fonction de leur année d'étude, sont évalués sur leur capacité à réaliser les actes techniques proposés par les modèles de simulation.
- **Le modèle de simulation est utilisable avec différents niveaux de difficulté.**
→ Le modèle HORSE permet l'entraînement à différentes étapes de l'examen oculaire du cheval. Certaines sont très simples, telle que l'observation manuelle des paupières et des conjonctives, tandis que d'autres sont plus complexes, comme l'observation du fond d'œil à l'aide des instruments d'ophtalmologie.
- **Le modèle de simulation permet l'apprentissage de différents gestes techniques.**
→ Le modèle HORSE permet l'entraînement à différentes étapes de l'examen oculaire du cheval, ainsi qu'au sondage lacrymal ou encore à la pose et l'utilisation d'un cathéter sous-palpébral.
- **Le modèle de simulation fournit différentes variations cliniques.**
→ Le modèle HORSE est composé d'un œil physiologique fixe et de six yeux interchangeables illustrant des variations physiologiques et pathologiques de l'œil du cheval.
- **Le modèle de simulation est mis à disposition dans un environnement contrôlé.**
→ Le modèle HORSE a été spécialement conçu pour la salle VetSkill. Il est disponible aux étudiants sur les plages d'ouverture de la salle. Lors de l'utilisation du modèle, l'étudiant a la possibilité de s'entraîner, à son rythme, dans des conditions optimales (lieu calme et possibilité d'être dans le noir), et avec de véritables instruments d'ophtalmologie. En cas de besoin, il peut facilement se référer au responsable de la salle.
- **Le modèle de simulation permet l'apprentissage en autonomie.**
→ Les fiches méthodologiques sont conçues avec du texte et des illustrations de façon à décrire le plus précisément possible les gestes techniques à réaliser. En cas de besoin, l'étudiant peut se référer au responsable de la salle VetSkill.
- **Le modèle de simulation fournit une expérience réaliste.**
→ L'ensemble du modèle HORSE a été pensé de façon à être le plus proche possible de la réalité : modélisation d'un maximum d'éléments de la sphère oculaire (globe, paupière, voies lacrymales) et utilisation d'un mannequin de cheval.
- **Les objectifs pédagogiques à atteindre sont clairement définis.**
→ L'ensemble des objectifs pédagogiques liés à l'utilisation du modèle sont mentionnés dans un encadré sur chacune des fiches méthodologiques.

Ainsi, le modèle HORSE valide l'ensemble de ces critères. Il semble donc constituer un bon support d'enseignement supplémentaire pour l'ophtalmologie équine.

4. Limites du modèle

Si le modèle présente un intérêt pédagogique évident, il est toutefois important d'en distinguer les limites. Elles sont tantôt liées à la simulation en elle-même, tantôt liées à la technique de conception du modèle.

Les principales limites de ce mannequin sont directement liées au type de modèle de simulation choisi : celui d'un mannequin inerte. Il est alors impossible de simuler la partie dynamique de l'examen oculaire, incluant l'examen de la vision, des réflexes ou encore de la motricité des structures. De plus, le modèle ne permet pas d'apprécier la difficulté que peut représenter la contention d'un cheval. Si la sédation permet de faciliter l'examen oculaire, il reste tout de même préférable de s'en passer lorsque cela est possible. Il se peut que l'examen oculaire soit alors plus sportif et nécessite une vigilance toute particulière, compliquant parfois la réalisation de l'examen. Ces conditions ne sont malheureusement pas reproductibles avec un mannequin inerte.

Comme pour tout modèle de simulation s'appuyant sur un mannequin, une des autres limites est celle de l'absence de dialogue avec les propriétaires de l'animal. Bien que cet aspect n'intègre pas les objectifs de base du modèle HORSE, il reste nécessaire de souligner l'importance de l'anamnèse et des commémoratifs lors de tout examen clinique.

Il est également possible de mettre en avant les limites liées au manque de réalisme du modèle. Bien que le modèle HORSE ait été réalisé de sorte à être le plus fidèle possible à la réalité, d'importantes différences anatomiques persistent, telles que : la taille et forme du globe oculaire (trop grande et trop sphérique dans notre modèle) ou encore la forme de la fente palpébrale. De plus, le plastique de la sphère ne reflète pas la lumière de la même façon qu'un œil réel. L'une des limites de l'hydrodipping est qu'elle nécessite d'être réalisée sur la face externe de la sphère, sous peine de déformer l'impression. Par conséquent, lorsque l'on éclaire l'œil, la lumière se reflète également sur le plastique de l'hémisphère postérieur créant ainsi une « 4^{ème} image de Purkinje ».

Le modèle HORSE est constitué de six yeux interchangeables. Il est évident que ces six yeux constituent une infime partie des possibilités de variations de l'œil du cheval et qu'il serait tout à fait imaginable d'en créer des nouveaux. Les six yeux réalisés permettent néanmoins une bonne approche des affections les plus fréquentes en ophtalmologie équine.

L'une des principales pistes d'amélioration pour ce modèle serait de réussir à trouver le moyen de le rendre résistant à l'eau. En effet, la peinture acrylique sur la surface externe de l'œil ne résiste pas à l'eau en cas d'immersion prolongée. Tout liquide est donc proscrit pendant l'utilisation de ce modèle, sous peine de détériorer la sclère ainsi que le fond d'œil des yeux. Avec un modèle résistant à l'eau il serait possible de connecter le système lacrymal à une perfusion, de façon à modéliser les sécrétions lacrymales du cheval et de rendre le modèle encore plus réaliste. Les étudiants pourraient alors s'exercer à l'administration de collyre (avec ou sans le dispositif de cathéter sous-palpébral), ou encore au rinçage du canal lacrymal, par exemple.

CONCLUSION

L'ophtalmologie est une discipline complexe qui requiert beaucoup de patience et de persévérance vis-à-vis de son apprentissage. En médecine équine, une bonne maîtrise des bases de l'ophtalmologie est indispensable au regard de l'importance et surtout des conséquences graves que peuvent avoir les affections oculaires dans cette espèce. Or, le cursus vétérinaire, du fait de la quantité des enseignements et de l'évolution de la prise en compte du bien-être animal, ne permet pas toujours aux étudiants d'effectuer les divers actes techniques de l'examen oculaire présentés dans les cours magistraux. Ainsi, il a été choisi de mettre en place un modèle de simulation à l'examen oculaire du cheval.

Le but de ce modèle est de compléter le modèle existant chez le chien, afin de permettre aux étudiants de renforcer leurs connaissances sur le déroulement de l'examen oculaire vétérinaire ainsi que leur maîtrise des instruments d'ophtalmologie. A cela s'ajoute la familiarisation avec les particularités de l'œil et de l'examen oculaire du cheval.

Cette thèse retrace les différentes étapes de l'élaboration d'un modèle de simulation à l'examen oculaire du cheval : le modèle HORSE (Horse Ophthalmology Reliable Simulation Element). Le modèle HORSE est un mannequin de cheval à taille réelle, sur lequel il est possible de réaliser divers actes techniques de l'examen oculaire. L'œil gauche du mannequin est fixe, il représente un œil physiologique de cheval et son système de drainage lacrymal. Du côté droit, six yeux interchangeables peuvent s'insérer dans l'orbite : ils illustrent des variations physiologiques et pathologiques de l'œil du cheval. L'étudiant peut ainsi s'exercer à la mise en évidence de ces variations grâce à des examens spécifiques. De plus, il a été ajouté à ce modèle la possibilité de sonder les voies lacrymales et de poser un cathéter sous-palpébral.

Les dernières pages de ce travail proposent un bilan sur le modèle HORSE. Bien qu'il ait été possible d'identifier de nombreuses limites à ce modèle, d'après les critères proposés par S. Barry Issenberg et Ross J. Scalese dans un de leurs articles, le modèle HORSE semble être un bon support d'enseignement. Il répond à de nombreux objectifs pédagogiques.

Par manque de temps, aucune étude n'a été réalisée afin de mettre en avant le réel intérêt pédagogique du modèle. Cela pourrait cependant constituer un travail de thèse à part entière.

BIBLIOGRAPHIE

- Barnett, KC, SM Crispin, JD Lavach, et AG Matthews.** 2004. *Equine Ophthalmology - An Atlas & Text*. 2nd edition. Edinburgh : Saunders. ISBN : 0702027480
- Dilly, Marc, Emma K. Read, et Sarah Baillie.** 2017. A Survey of Established Veterinary Clinical Skills Laboratories from Europe and North America : Present Practices and Recent Developments. In : *Journal of Veterinary Medical Education* 44 (4) : p.580-589. DOI : 10.3138/jvme.0216-030R1
- Fraser, Andrew Ferguson.** 2010. *The Behaviour and Welfare of the Horse*. 2nd edition. Wallingford, Oxfordshire ; Cambridge, MA : CABI. p.211. ISBN : 1845936299.
- Gelatt, Kirk N, Brian C Gilger, et Thomas J Kern.** 2013. *Veterinary Ophthalmology*. 5th edition. 2 volumes. Wiley-Blackwell. p.1560-1609. ISBN : 9780470960400.
- Gilger, Brian C.** 2011. *Equine Ophthalmology*. 2nd edition. St. Louis, Mo : Elsevier Saunders. ISBN : 978-1-4377-0846-2.
- Ildefonse, J., J.C. Granry, et M.C. Moll.** 2012. « Guide de bonnes pratiques en matière de simulation en santé ». Haute Autorité de Santé. [En ligne] Disponible sur : https://www.has-sante.fr/upload/docs/application/pdf/2013-01/guide_bonnes_pratiques_simulation_sante_guide.pdf
- Lairmore, Michael D., et Jan Ilkiw.** 2015. Animals Used in Research and Education, 1966–2016: Evolving Attitudes, Policies, and Relationships. In : *Journal of Veterinary Medical Education* 42 (5) : p.425-440. DOI : 10.3138/jvme.0615-087R.
- Launois, Thomas, Anne-Marie Desbrosse, Jean-Michel Vandeweerd, et Brian Gilger.** 2019. *Guide pratique d'ophtalmologie équine*. Med'com. ISBN : 9782354032449.
- Mahmoud, Anis, Fatma Abid, Mayara Ezdini, Mohamed Lahdhiri Lahbib, Islem Ouanes, et Riadh Messaoud.** 2021. The contribution of simulation in training for funduscopy examination. In : *La Tunisie medicale*, 99(12), p.1141–1147. PMID : PMC8974430.
- Mowat, Freya M, Kenneth D Royal, et Hans D Westermeyer.** 2018. Ophthalmoscopy Skills in Primary Care : A Cross-Sectional Practitioner Survey ». In : *Veterinary Record* 182 (15) : p.435-435. DOI : 10.1136/vr.104569.
- Russell, W. M. S., et R. L. Burch.** 1992. *The principles of Human Experimental Technique*. Special edition. Wheathampstead : UFAW. ISBN 978-0-900767-78-4.
- Scalese, Ross J., et S. Barry Issenberg.** 2005. Effective Use of Simulations for the Teaching and Acquisition of Veterinary Professional and Clinical Skills. In : *Journal of Veterinary Medical Education* 32 (4): p.461-467. DOI : 10.3138/jvme.32.4.461.

Tinkercad | Create 3D digital designs with online CAD. [En ligne] Disponible sur : <https://www.tinkercad.com/>

Vanelle, Anne-Marie, et Pierre Sai. 2017. Mission de conseil sur les applications des méthodes de formation basées sur la simulation dans les écoles nationales vétérinaires. Rapport n°16098. Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation. [En ligne] Disponible sur : <https://agriculture.gouv.fr/mission-de-conseil-sur-les-applications-des-methodes-de-formation-basees-sur-la-simulation-dans-les>

Weissner, Morgane. 2020. Développement et validation d'un modèle de simulation à visée pédagogique en ophtalmologie vétérinaire. Thèse doctorat vétérinaire, VetAgroSup: Claude Bernard Lyon 1.

Westermeyer, Hans D., Gail E. Druley, Kenneth D. Royal, et Freya M. Mowat. 2019. Use of a Versatile, Inexpensive Ophthalmoscopy Teaching Model in Veterinary Medical Student Education Increases Ophthalmoscopy Proficiency. In : *Journal of Veterinary Medical Education* 46 (4) : p.518-522. DOI : 10.3138/jvme.1117-157r.

ANNEXES

Questionnaire posé aux étudiants de A4, A5 et A6 de VetAgroSup Lyon
Sujet : Ophtalmologie Equine

Posé à 514 personnes (A4, A5, A6, Internes)

Q1 : En quelle année d'étude vétérinaire êtes-vous ?

- 4A
- 5A
- 6A
- Interne

Q2 : Comment qualifieriez-vous vos connaissances théoriques sur le déroulé de l'examen oculaire du cheval ?

- Absentes
- Faibles
- Bonnes
- Excellentes

Q3 : Etes-vous à l'aise avec les particularités anatomiques de l'œil du cheval ?

- Pas du tout
- Moyennement
- Complètement

Q4 : L'ensemble des actes suivants doivent être maîtrisés afin de réaliser un bon examen oculaire sur un cheval. Quels sont ceux que vous maîtrisez ? (Veuillez cocher les cases correspondantes)

(Contention du cheval)

- mise en place d'un licol
- réalisation d'un pli de peau
- utilisation du tord-nez
- injection intra-veineuse (sédation)
- réalisation d'un bloc auriculo-palpébral (anesthésie locale)
- manipulation des paupières (technique d'ouverture)
- administration de collyre dans le cul de sac conjonctival (anesthésie locale, colorations)

(Examen neurologique des voies visuelles)

- évaluation de la vision : test de clignement à la menace
- réflexe palpébral
- réflexe photomoteur direct
- réflexe photomoteur indirect
- réflexe d'éblouissement

(Examen à distance)

- évaluation de la symétrie de la face

(Examen des annexes oculaires)

- examen de l'orbite
- examen des paupières et de leur position
- examen du positionnement des cils
- examen de la membrane nictitante et de sa position
- examen des conjonctives
- évaluation de la production lacrymale : test de Schirmer
- évaluation du drainage lacrymal : test de Jones
- sondage des voies lacrymales
- prélèvements conjonctivaux (cytobrosse)

(Examen du globe oculaire)

- évaluation de la taille du globe
- évaluation de la position du globe dans l'orbite
- mesure de la pression oculaire

(Examen de la cornée)

- évaluation de la transparence cornéenne (mise en évidence d'une opacification ou d'une vascularisation)
- évaluation de l'intégrité de la cornée au biomicroscope (mise en évidence d'une perte ou d'un gain de substance)
- test à la fluorescéine (mise en évidence d'une perte de substance épithéliale)

(Examen de la chambre antérieure)

- évaluation de la profondeur de la chambre antérieure au biomicroscope
- évaluation du contenu de la chambre antérieure (aspect de l'humeur aqueuse)

(Examen de l'iris)

- évaluation de la couleur irienne
- évaluation de la forme de l'iris (mise en évidence de synéchies ou de masses)
- évaluation de la motricité irienne (variation de la taille de la pupille)
- évaluation des grains iriens (taille, nombre, position)

(Examen du cristallin)

- évaluation de la transparence cristallinienne (mise en évidence d'une opacification)
- évaluation de la place du cristallin (mise en évidence d'une luxation ou subluxation)

(Examen du vitré)

- évaluation de la transparence du vitré

(Examen du fond d'œil)

- visualisation du fond d'œil en ophtalmoscopie directe (à l'ophtalmoscope direct)
- visualisation du fond d'œil en ophtalmoscopie indirecte (à l'aide d'une lentille de 20 dioptries)
- évaluation de la taille et couleur de la papille du nerf optique
- évaluation de la vascularisation rétinienne
- évaluation de la couleur et de l'aspect de la zone de tapis
- évaluation de la couleur et de l'aspect de la zone hors tapis

Q5 : Avez-vous déjà réalisé vous-même un examen oculaire complet (examen de l'ensemble des structures anatomiques mentionnées précédemment) sur un cheval ?

- Jamais
- Uniquement quelques parties de l'examen
- Oui

Q6 : Si vous deviez réaliser un examen oculaire sur un cheval, quelle est la chose que vous appréhenderiez le plus ?

- La contention du cheval
- La manipulation de la sphère oculaire
- L'utilisation des instruments ophtalmologiques
- Un manque de connaissance sur les particularités physiologiques de l'œil du cheval
- Aucune appréhension

Q7 : Avez-vous déjà utilisé le modèle de simulation à l'examen oculaire des carnivores disponible en salle de simulation ?

- Oui
- Non

Q8 : Si oui, quels sont les principaux apports pédagogiques que vous retenir à la suite de l'utilisation de ce modèle ?

- Connaissances de l'anatomie de l'œil du chien
- Connaissances et diagnostic des principales affections oculaires canines
- Maîtrise des instruments d'ophtalmologie
- Maîtrise du déroulé de l'examen oculaire
- Gain de temps à la réalisation d'un examen oculaire
- Gain de confiance en soi
- Autre, précisez :
- Aucun apport

Q9 : Pensez-vous qu'un modèle de simulation spécifique à l'examen oculaire du cheval vous serait utile ?

- Oui
- Non

Q10 : Si oui, quel(s) acte(s) technique(s) et/ou quelle(s) affection(s) oculaire(s) du cheval aimeriez-vous voir figurer sur ce modèle de simulation ?

(Réponse libre)

Annexe 2 - Fiche méthodologique sur l'utilisation du modèle HORSE (Horse Ophthalmology Reliable Simulation Element) (E. JULIEN)



Fiche méthodologique Utilisation du modèle HORSE (Horse Ophthalmology Reliable Simulation Element) Evanne JULIEN - Jean-Luc CADORE

Date de version 21/07/2022
Numéro de version : 1.0

Justification du poste de travail

L'ophtalmologie est une discipline complexe qui requiert beaucoup de patience et de persévérance vis-à-vis de son apprentissage. En médecine équine, une bonne maîtrise des bases de l'ophtalmologie est indispensable au regard de l'importance et surtout des conséquences graves que peuvent avoir les affections oculaires dans cette espèce. Or, le cursus vétérinaire, du fait de la quantité des enseignements et l'évolution de la prise en compte du bien-être animal, ne permet pas toujours aux étudiants d'effectuer les divers actes techniques de l'examen oculaire sur un cheval présentés dans les cours magistraux. Ainsi, le modèle HORSE complète le modèle HOTDog afin d'illustrer les particularités de l'œil du cheval.

Objectif d'apprentissage

Savoir utiliser correctement le modèle HORSE (changement et manipulation des yeux)

Renforcer la maîtrise générale de l'examen oculaire vétérinaire

Renforcer la maîtrise des instruments d'ophtalmologie

Se familiariser avec les particularités physiologiques de l'œil du cheval

Savoir mettre en évidence une modification pathologique de l'œil du cheval

Méthodologie

Prérequis

- Savoir utiliser les instruments d'ophtalmologie (*fiches méthodologiques 1 à 3 du modèle HOTDog*)
- Connaître et savoir réaliser les étapes de l'examen oculaire vétérinaire (*fiches méthodologiques 4 à 9 du modèle HOTDog, transposables sur le cheval*)

Préparatifs

- Se mettre dans une pièce sombre
- Matériel d'ophtalmologie disponible sur le modèle HOTDog : ophtalmoSCOPE, transilluminateur de Finoff, lentille de 20 Dioptries, pince mousse
- Carnet de fiches aide du modèle HORSE
- Simulateur HORSE : l'œil gauche fixe est examinable tel quel, les yeux interchangeables sont stockés sur un support conçu spécialement pour eux. Pour les utiliser :

- 1) Choisir un œil sur le support et repérer son numéro (inscrit au feutre sur l'arrière de l'œil)
- 2) L'insérer au niveau de l'orbite droite en prenant soin d'aligner la commissure interne des paupières à celle restante sur la tête du cheval.
- 3) Après observation, enlever l'œil en l'attrapant par les paupières et le remettre sur le support.



Rédaction
Evanne JULIEN

Révision
Jean-Luc CADORE

Réalisation pratique de l'examen oculaire

Sur un cheval : En réalité, l'examen oculaire commence, comme tout examen, par une phase d'anamnèse et de commémoratifs suivie de l'examen à distance du cheval. Cette étape permet de repérer d'importantes anomalies de la sphère oculaire (déformation, écoulement etc..) ainsi que d'évaluer la vision du cheval à travers ses déplacements. L'examen rapproché de l'œil se fait dans un endroit sombre avec l'aide des instruments d'ophtalmologie. Lors de douleur très importante ou pour un cheval compliqué, il est possible de réaliser une sédation ainsi qu'un bloc anesthésique (bloc auriculo-palpébral) afin de lever le blépharospasme. Il est important d'examiner toutes les structures de l'œil (globe oculaire ET annexes).

Sur le modèle :

⚠ Le modèle n'est pas waterproof, veillez à ne pas mettre de liquide dans les yeux.

Aide : Avant de commencer l'examen, se munir du **carnet de fiches aide** et lire le **recto** de la fiche associée à l'œil choisi : il indique les structures sur lesquelles il faut particulièrement s'attarder.

Quel que soit l'œil examiné (œil fixe où yeux interchangeable), le déroulé de l'examen oculaire est le même que celui détaillé pour le modèle HOTDog, à l'exception de quelques petites particularités liées à l'espèce équine. Le déroulement général est repris ci- après (pour plus de détails, se référer aux *fiches méthodologiques 4 à 9 du modèle HOTDog*).

- 1) Examen à distance de la tête du cheval (*fiche méthodologique n° 4 du modèle HOTDog*).
 → Au besoin, placer le marchepied du côté de l'œil à examiner et/ou incliner **délicatement** la tête du cheval pour observer la sphère oculaire

- 2) Examiner les paupières, la membrane nictitante et les conjonctives (*fiche méthodologique n° 5 du modèle HOTDog*).
 → Ouvrir les paupières avec le pouce et l'index.
 → La paupière supérieure de l'œil fixe accueille un cathéter sous palpébral (*fiches méthodologiques Pose et utilisation d'un cathéter sous palpébral du modèle HORSE*).

⚠ La membrane nictitante n'est pas mobile sur le modèle)



- 3) Pour l'œil fixe, examiner le système lacrymal (*fiche méthodologique n° 6 du modèle HOTDog*).
 → Chez le cheval la norme pour un test de Schirmer et de 20 à 30 mm/min.
⚠ Réalisation de ce test n'est pas possible sur le modèle HORSE car pas de modélisation des sécrétions lacrymales)
 → Les voies lacrymales du cheval ont la particularité de pouvoir être facilement sondées afin de diagnostiquer et/ou de traiter une obstruction (*fiche méthodologique Sondage des voies lacrymales du modèle HORSE*).

- 4) Examiner le segment antérieur de l'œil (cornée, chambre antérieure, iris) (*fiche méthodologique n° 7 du modèle HOTDog*).

→ Le cheval a la particularité de posséder des petites masses brunes rattachées au bord pupillaire de l'iris : ce sont les grains iriens. Ils peuvent être de taille et de nombre variable (en général trois ou quatre) et sont préférentiellement localisés sur le bord pupillaire dorsal (moins fréquemment sur le bord ventral). Ils sont physiologiques et permettent de limiter la quantité de lumière traversant la pupille.

⚠ Pas d'instillation de collyre)



- 5) Examiner le cristallin (*fiche méthodologique n° 8 du modèle HOTDog*).
 → De part la conception du modèle, il est possible de visualiser une 4^{ème} image de Purkinje (reflet de la surface postérieure de la sphère en plastique modélisant le globe. En pratique, il n'y a bien que 3 images visibles.

- 6) Examiner le segment postérieur (vitré et fond d'œil) (*fiche méthodologique n° 9 du modèle HOTDog*).
 → Le fond d'œil du cheval est différent de celui du chien.

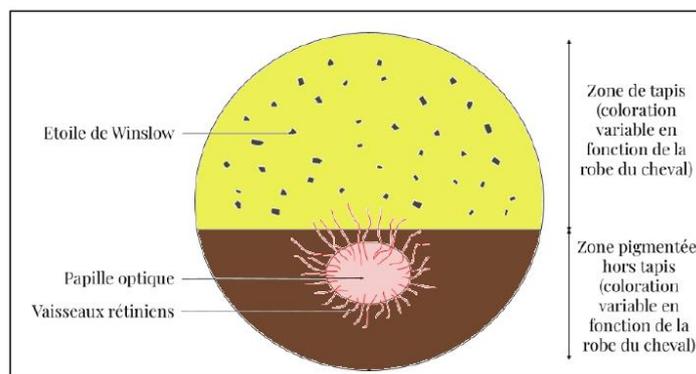
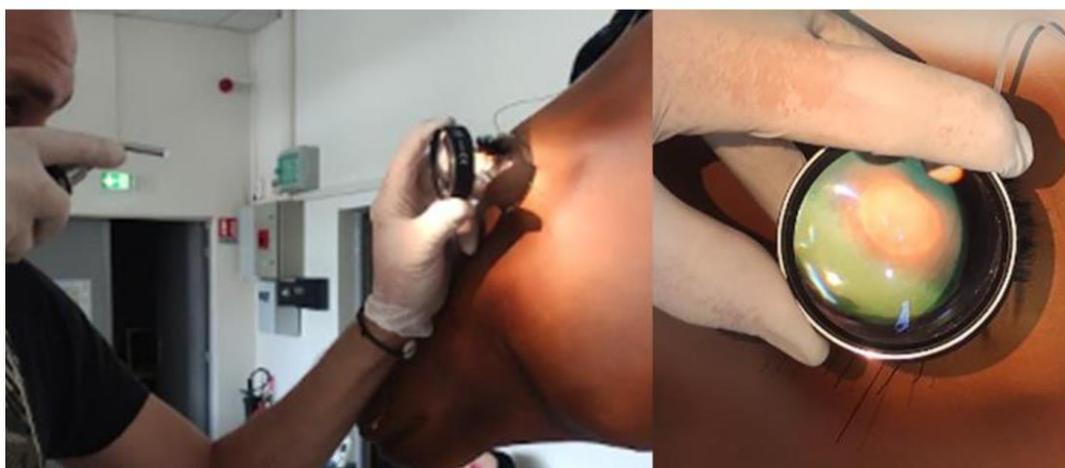


Schéma du fond d'œil normal du cheval en ophtalmoscopie directe



Observation du fond d'œil en ophtalmoscopie indirecte (l'image est renversée)

Consignes à respecter après réalisation

Ranger le matériel à sa place en prenant soin de remettre les instruments d'ophtalmologie sur leur socle chargeur.

Pour en savoir plus...

→ LAUNOIS, DEBROSSE, VANDEWEERD, GILGER, 2019. *Guide pratique d'ophtalmologie équine*. Med'com.
 Disponible à la bibliothèque

Carnet de fiches aide

HORSE

Horse Ophthalmology Reliable Simulation Element

Œil physiologique

→ S'intéresser aux particularités anatomiques de l'œil du cheval

→ S'intéresser au système lacrymal

Objectifs pédagogiques :

- Se familiariser avec l'anatomie de l'œil du cheval
- Utiliser la lampe à fente (visualisation des images de Purkinje Samson)
- Utiliser l'ophtalmoscope et du disque de Rekoss (observation des différentes structures de l'œil)
- Maîtriser l'ophtalmoscopie indirecte (observation du fond d'œil)

Chaque œil dispose d'une fiche aide sur laquelle il est possible de prendre appuis.

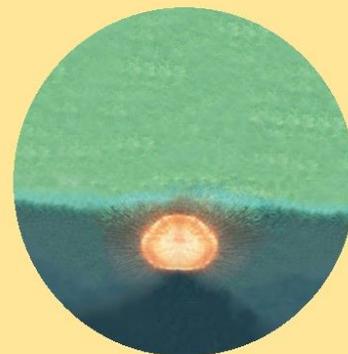
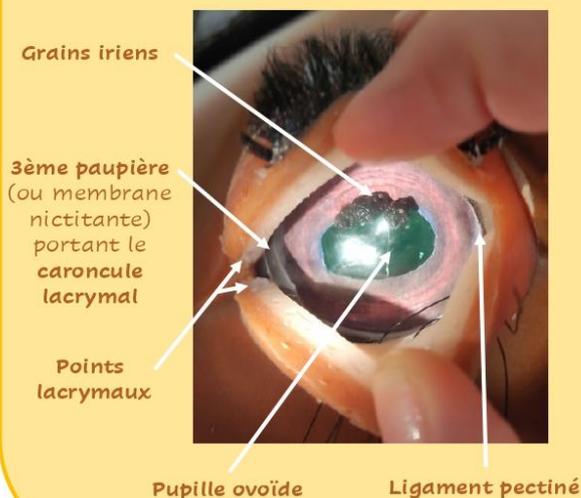
Les fiches se décomposent de la manière suivante :

→ **Au recto** : structures anatomiques auxquelles il faut particulièrement prêter attention lors de l'examen de l'œil ;

→ **Au verso** : description détaillée de l'œil te permettant de vérifier ce que tu as pu voir lors de ton examen.

Pour chaque fiche : lis **d'abord de recto**,
fais l'examen complet de l'œil associé,
puis **compare tes observations au verso** de la fiche.

Œil physiologique



Œil n°1

- > S'intéresser aux annexes oculaires
- > S'intéresser à l'iris
- > S'intéresser au fond d'œil

Objectifs pédagogiques :

- Se familiariser avec une variation physiologique de l'œil du cheval
- Se familiariser avec une affection bénigne des annexes
- Observation du fond d'œil (ophtalmoscopie directe et/ou indirecte)

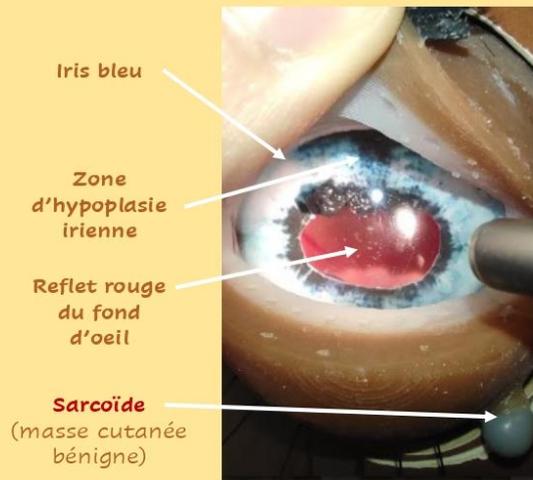
Œil n°2

- > S'intéresser aux annexes oculaires
- > S'intéresser à la cornée
- > S'intéresser au fond d'œil

Objectifs pédagogiques :

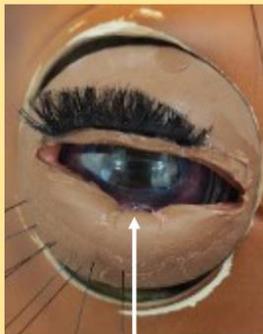
- Se familiariser avec une affection classique des annexes, de la cornée et du fond d'œil
- Observation de la cornée avec la lampe à fente
- Observation du fond d'œil (ophtalmoscopie directe et/ou indirecte)

Œil n°1



Fond d'œil sub-albinos :
 variation **physiologique**
 chez les chevaux à robe claire
 et/ou à iris bleu
 (la couleur rouge est due à une
 faible couche de pigment
 laissant ainsi apparaître la
 vascularisation de la choroïde)

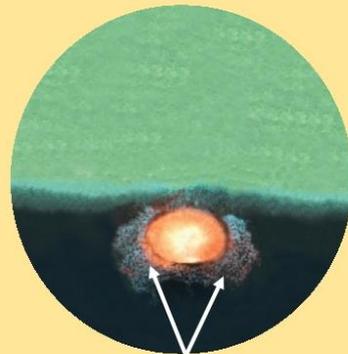
Œil n°2



Entropion
 au niveau de la
 paupière inférieure
 (retournement
 du bord libre
 de la paupière
 en dedans)



Ulcère cornéen
 (visualisation d'un relief négatif à
 la lampe à fente)
**Néovascularisation
 cornéenne avec léger œdème**
 (opacification diffuse en pé-
 riphérie de la lésions)
Conjonctivite



**Choriorétinite
 en aile de papillon**
 (hypopigmentation
 autour de la papille optique),
 forme d'**uvéite postérieure**

Œil n°3

- > S'intéresser aux annexes oculaires
- > S'intéresser à la cornée
- > S'intéresser à l'humeur aqueuse

Objectifs pédagogiques :

- Se familiariser avec des affections des annexes et de la cornée
- Observation de la cornée avec la lampe à fente

Œil n°4

- > S'intéresser aux annexes oculaires
- > S'intéresser à l'iris
- > S'intéresser à l'humeur aqueuse

Objectifs pédagogiques :

- Se familiariser avec des affections de l'uvée
- Observation de l'effet Tyndall

Œil n°3



Déformation des paupières



Tumeur de la 3ème paupière
Abcès cornéen (visualisation d'un relief positif à la lampe à fente)



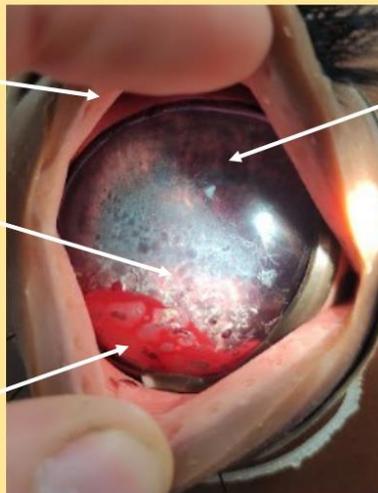
Néovascularisation cornéenne

Opacification de l'humeur aqueuse (présence de fibrine)

Conjonctivite (hyperhémie conjonctivale palpébrale et bulbaire)

Œdème cornéen (cornée légèrement bleutée)

Œil n°4



Conjonctivite

Myosis et hyperhémie irienne

Présence de fibrine dans l'humeur aqueuse (visualisation de l'effet Tyndall)

Œdème cornéen diffus (coloration bleutée)

Hyphéma (hémorragie dans la chambre antérieure)

Uvéite antérieure aiguë

Œil n°5

- > S'intéresser aux annexes
- > S'intéresser au cristallin
- > S'intéresser au fond d'œil

Objectifs pédagogiques :

- Se familiariser avec des affections des annexes, du cristallin et du fond d'œil
- Observation du fond d'œil (ophtalmoscopie directe et/ou indirecte)

Œil n°6

- > S'intéresser à l'iris
- > S'intéresser au cristallin
- > S'intéresser à l'humeur aqueuse

Objectifs pédagogiques :

- Se familiariser avec des affections de l'uvée et du cristallin

Œil n°5

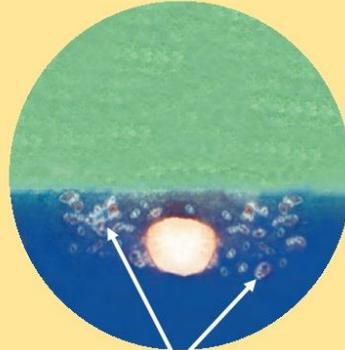


Tumeur palpébrale



Opacification de la moitié gauche du cristallin
(comparaison des deux moitiés du cristallin)

Conjonctivite



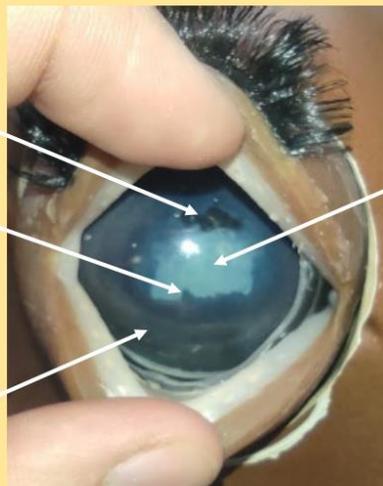
Choriorétinite en « bouton de culotte »
(petits anneaux hypopigmentés autour de la papille optique),
forme d'**uvéïte postérieure**

Œil n°6

Atrophie des grains iriens

Synéchies irido-cristaliniennes (adhérences de l'iris au cristallin) induisant une déformation de la pupille

Hyperpigmentation irienne



Cataracte complète

Léger œdème cornéen diffus

Uvéïte chronique stade avancé

Annexe 4 - Fiche méthodologique sur le sondage des voies lacryales (E. JULIEN)



Fiche méthodologique
Sondage des voies lacryales
Evanne JULIEN - Jean-Luc CADORE

Date de version 21/07/2022
Numéro de version : 1.0

Justification du poste de travail

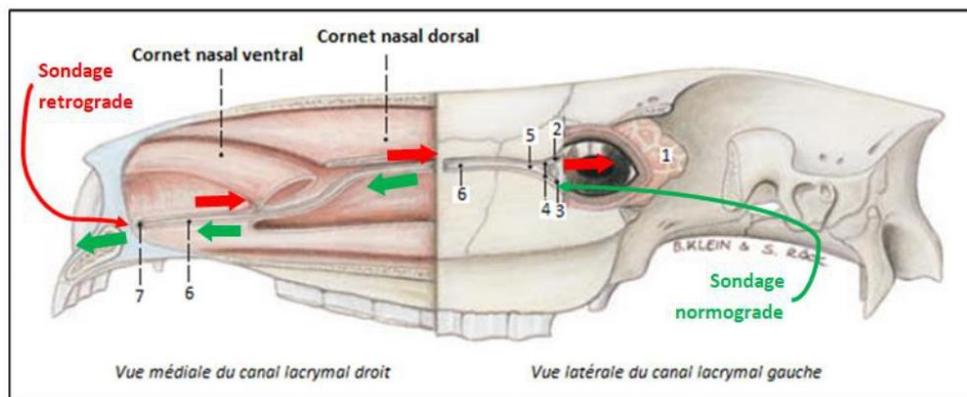
Du fait de leurs diamètres plus importants, les voies lacryales du cheval ont la particularité de pouvoir être facilement sondées. Cela peut permettre de diagnostiquer une obstruction (instillation de produit de contraste en vue d'une radiographie) et/ou de la traiter (rincage du canal lacrymal). Il est possible de sonder les voies lacryales de deux façons : soit en passant par le point lacrymal du canalicule inférieur (sondage normograde), soit en remontant le canal lacrymal par l'ostium nasal (sondage rétrograde, plus simple à réaliser).

Méthodologie

Objectif d'apprentissage

Être capable de sonder les voies lacryales du cheval de façon normograde et rétrograde sur cheval sédaté.

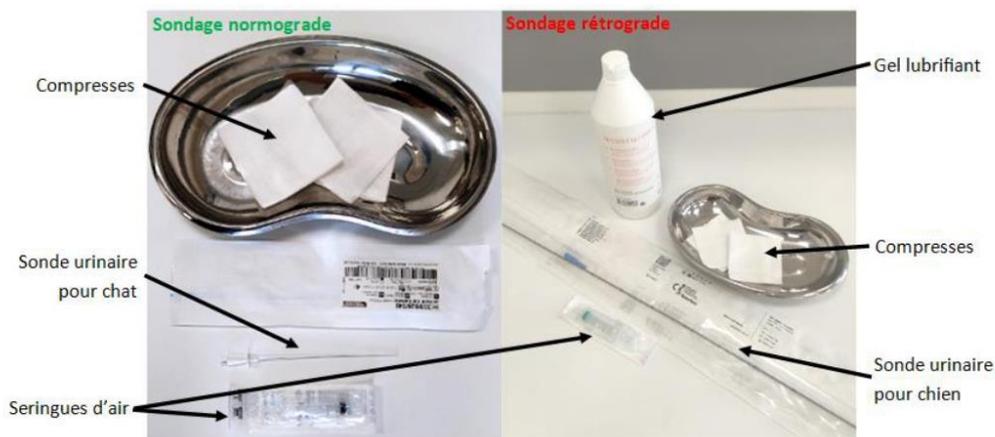
Prérequis



Les voies lacryales du cheval (Budras, Sack, et Böck 2009)

1. Glande lacrymale ; 2. Point lacrymal supérieur ; 3. Point lacrymal inférieur ; 4. Canalicules lacrymaux ;
5. Sac lacrymal ; 6. Canal lacrymal ; 7. Ostium nasal

Préparatifs



Rédaction
Evanne JULIEN

Révision
Jean-Luc CADORE

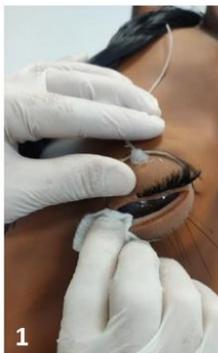
Réalisation pratique du sondage normograde

Sur cheval vivant : Le cheval est sédaté. L'œil est nettoyé et les sécrétions oculaires retirées avec une compresse. Un anesthésique local est déposé au niveau du canthus interne de l'œil (collyre anesthésiant). Le point lacrymal inférieur est repéré puis sondé à l'aide d'une sonde urinaire pour chat avec une ouverture distale. Une solution de lavage oculaire peut ensuite être instillée de façon à nettoyer/déboucher le canal lacrymal. En pratique, il s'agit d'injecter entre 10 à 20mL de liquide en poussant doucement (surtout s'il y a une résistance), jusqu'à ce que le liquide ressorte par l'ostium nasal.

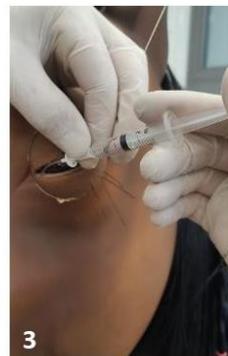
Sur le modèle : (le sondage est réalisé sur l'œil fixe du modèle HORSE)

⚠ Le modèle n'est pas waterproof, veillez à ne pas injecter de liquide dans les sondes !

- 1) Mettre des gants, puis nettoyer le canthus médial à l'aide d'une compresse.
- 2) D'une main, baisser la paupière inférieure de façon à repérer le point lacrymal inférieur. De l'autre main, saisir la sonde urinaire pour chat (diamètre = 1,3mm), et l'insérer au niveau du point lacrymal.



- 3) Retirer le mandrin de la sonde puis connecter une seringue de remplie d'air (remplace le liquide).
- 4) Injecter l'air de la seringue puis retirer la sonde.



Réalisation pratique du sondage rétrograde

Sur cheval vivant : Le cheval est sédaté. Le vestibule du naseau est nettoyé avec une compresse. Un gel anesthésique est déposé au niveau de l'ostium nasal. L'ostium nasal est ensuite sondé à l'aide d'une sonde urinaire pour chien avec une ouverture distale. Une solution de lavage oculaire peut ensuite être instillée de façon à nettoyer/déboucher le canal lacrymal. En pratique, il s'agit d'injecter entre 10 à 20mL de liquide en poussant doucement (surtout s'il y a une résistance), jusqu'à ce que le liquide ressorte au niveau du canthus médial de l'œil.

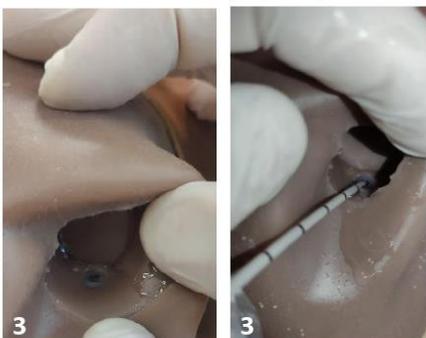
Sur le modèle : (le sondage est réalisé sur l'œil fixe du modèle HORSE)

⚠ Le modèle n'est pas waterproof, veillez à ne pas injecter de liquide dans les sondes !

- 1) Mettre des gants, puis nettoyer vestibule nasal à l'aide d'une compresse.
- 2) Appliquer du gel lubrifiant au niveau de l'ostium nasal.



- 3) D'une main, redresser le bord du naseau de façon à repérer l'ostium nasal. De l'autre main, saisir la sonde urinaire pour chien (diamètre = 2,3 mm), et l'insérer dans l'ostium sur 10 à 15cm.



- 4) Connecter une seringue de remplie d'air (remplace le liquide).
- 5) Pincer légèrement l'ostium nasal afin d'éviter les fuites puis injecter l'air de la seringue.
- 6) Retirer la sonde.



Consignes à respecter après réalisation

Nettoyer le matériel et le mannequin (retirer le gel lubrifiant).
 Ranger le matériel.

Pour en savoir plus...

→ Elizabeth A. Giuliano, « Chapter 4 : Equine Ocular Adnexal and Nasolacrimal Disease » in Gilger B.C., *Equine Ophthalmology 2nd Edition*, Elsevier Saunders, Maryland Heights, p.141-143 ; 160-161

Annexe 5 - Fiche méthodologique sur la pose d'un cathéter sous-palpébral (E. JULIEN)



Fiche méthodologique Pose d'un cathéter sous-palpébral Evanne JULIEN - Jean-Luc CADORE

Date de version 21/07/2022
Numéro de version : 1.0

Justification du poste de travail

Le traitement des affections oculaires en médecine vétérinaire, requiert bien souvent l'application répétée (plusieurs fois par jour pendant plusieurs jours) de collyres et/ou pommades par voie oculaire. Chez le cheval, du fait de la puissance des muscles palpébraux ainsi que la taille, la force et le caractère craintif de l'animal, il est parfois délicat voire impossible d'administrer correctement ces traitements. Le cathéter sous-palpébral est un dispositif facile à mettre en place, permettant l'administration, à distance et sans manipulation de la sphère oculaire, de collyre directement dans le cul de sac conjonctival inférieur ou supérieur de l'œil. Il garantit ainsi une meilleure observance des traitements oculaires.

Objectif d'apprentissage

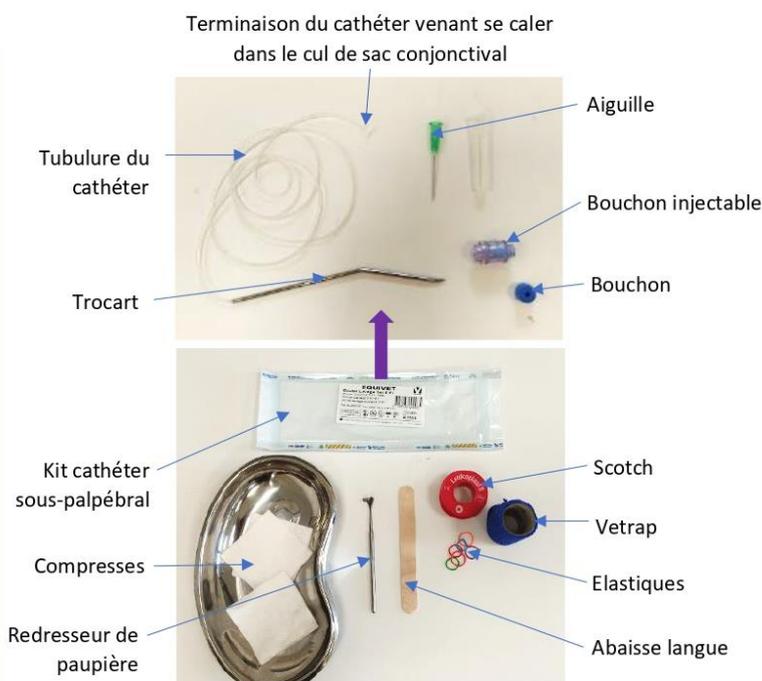
Être capable de poser d'un cathéter sous-palpébral sur la paupière supérieure d'un cheval sédaté et anesthésié (blocs).

Méthodologie

Préparatifs

Etant donné le coût important d'un cathéter sous palpébral, le modèle n'en dispose que d'un. Vous devez donc d'abord retirer le dispositif en place sur le modèle avant de le remettre. Pour cela :

- Enlever le vetrap, le scotch présent sur l'abaisse langue ;
- Retirer l'aiguille de la tubulure au niveau du bouchon injectable ;
- Séparer les différents éléments du bouchon injectable (aiguille, bouchon injectable, bouchon) ;
- Retirer **délicatement** le cathéter en tirant sur son extrémité cachée dans le cul de sac conjonctival supérieur de l'œil ;
- Mettre en place le trocart (rangé dans la pochette du Kit cathéter) sur la tubulure ;
- Au besoin, refaire une tresse avec le toupet et 3 tresses le long de l'encolure.



- **Réalisation pratique** (pour la pose d'un cathéter sur la paupière supérieure)

Sur cheval vivant : la pose du cathéter se fait sous sédation, après la réalisation des blocs anesthésiques du nerf auriculo-palpébral (nerf moteur des paupières) et du nerf frontal (nerf sensitif). Les crins du cheval sont tressés. L'œil est nettoyé avec une solution de lavage ophtalmique, la paupière est aseptisée, puis le cathéter est placé sur la paupière inférieure ou supérieure (en fonction de la localisation de la lésion). Une fois en place, des ailes de papillons en scotch sont placées sur le début de la tubulure pour permettre la fixation, par des points de suture cutanés, à la tête du cheval. Le reste de la tubulure est fixé dans les tresses, d'un abaisse langue et de scotch.

Sur le modèle : (le cathéter est placé sur la paupière supérieure de l'œil fixe du modèle)

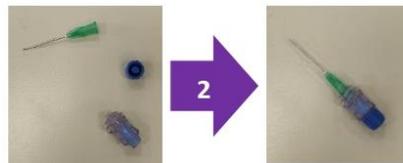
⚠ Le modèle n'est pas waterproof, veillez à ne pas mettre de liquide dans les yeux, ni dans le cathéter !

- 1) Mettre des gants stériles, puis nettoyer la paupière supérieure de l'œil fixe du modèle à l'aide d'une compresse.

(La tubulure qui dépasse est artificielle, elle sert de guide pour le passage du cathéter)



- 2) Assembler les morceaux du bouchon injectable (aiguille, bouchon injectable, bouchon) et le laisser de côté.



- 3) D'une main, tenir le redresseur de paupière et localiser l'endroit de passage du cathéter sur la face conjonctivale de la paupière supérieure (modélisé par la tubulure artificielle). Le cathéter doit être placé au centre de la paupière (à 12h). Avec l'autre main, tenir le trocart plaqué contre l'index.
- 4) Insérer le trocart face conjonctivale dans la tubulure guide qui traverse la paupière. Ressortir face cutanée de la paupière. Le point de sortie du cathéter doit être à la limite du relief osseux de l'orbite.



- 5) Tirer **délicatement** la tubulure jusqu'à ce que la terminaison du cathéter vienne buter dans le cul de sac conjonctival.

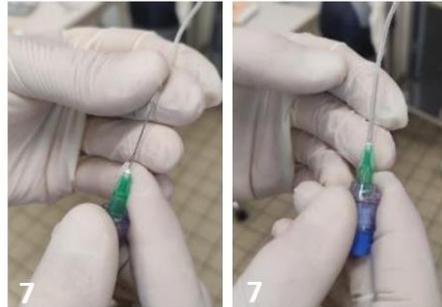


- 6) A l'aide du trocart, passer la tubulure du cathéter à travers la tresse du toupet puis celles de l'encolure afin de fixer le cathéter.

⚠ Laisser suffisamment de mou derrière les oreilles afin de ne pas endommager la tubulure lors de la flexion de la tête.



- 7) Retirer le trocart de l'extrémité de la tubulure et installer à la place le bouchon injectable en enfilant l'aiguille dans la tubulure du cathéter.



- 8) Fixer le bouchon injectable avec un scotch sur un abaisse langue en bois.
- 9) Plaquer l'extrémité de la tubulure sur l'abaisse langue et la fixer avec du vetrap autour d'une tresse.
- 10) Le dispositif est maintenant utilisable.



Consignes à respecter après réalisation

Laisser le cathéter sous-palpébral en place sur le modèle.

Ranger le reste du matériel en remettant le trocart du cathéter dans la pochette du kit du cathéter.

Pour en savoir plus...

- Pour s'entraîner à la sédation et aux blocs anesthésiques, se référer au modèle dédié dans la salle VetSkill.
- Regarder la vidéo de la Dr. Vet. SANDMEYER Lynne sur la pose et l'utilisation d'un cathéter sous-palpébral : https://www.youtube.com/watch?v=YwqG0eP3Qj4&ab_channel=DVM-sandm-EYE-r



Annexe 6 - Fiche méthodologique sur l'utilisation d'un cathéter sous palpébral (E. JULIEN)



Fiche méthodologique Utilisation d'un cathéter sous-palpébral Evanne JULIEN - Jean-Luc CADORE

Date de version 21/07/2022
Numéro de version : 1.0

Justification du poste de travail

Le traitement des affections oculaires en médecine vétérinaire, requiert bien souvent l'application répétée (plusieurs fois par jour pendant plusieurs jours) de collyres et/ou pommades par voie oculaire. Chez le cheval, du fait de la puissance des muscles palpébraux ainsi que la taille, la force et le caractère craintif de l'animal, il est parfois délicat voire impossible d'administrer correctement ces traitements. Le cathéter sous-palpébral est un dispositif facile à mettre en place, permettant l'administration, à distance et sans manipulation de la sphère oculaire, de collyre directement dans le cul de sac conjonctival inférieur ou supérieur de l'œil. Il garantit ainsi une meilleure observance des traitements oculaires.

Objectif d'apprentissage

Être capable d'administrer un traitement oculaire via un cathéter sous-palpébral.

Méthodologie

Prérequis

Avoir lu la fiche méthodologique : *Pose d'un cathéter sous-palpébral*.

Préparatifs

2 seringues de 1mL montée d'aiguilles marron
Compresse et alcool



Réalisation pratique

Sur cheval vivant : Avant toute utilisation du cathéter, il est important de vérifier l'aspect du site d'implantation afin de s'assurer que ce dernier ne soit pas infecté/altéré. Il est possible de désinfecter localement le site (surface externe de la paupière) avec une solution bétadinée. Pour les administrations de produit, se tenir au niveau de l'épaule du cheval, du côté où se trouve le cathéter sous-palpébral. Avant toute utilisation du cathéter, veillez à bien nettoyer le bouchon injectable avec une compresse d'alcool. Il est également important de vérifier la perméabilité du cathéter une fois par jour, avant toute injection de traitement, en y injectant une faible quantité de sérum physiologique (~0,5mL). Lors des injections (en particulier d'air), être très vigilant aux réactions du cheval. L'arrivée d'air à la surface de l'œil est désagréable : elle est susceptible de générer des réactions plus ou moins violentes.

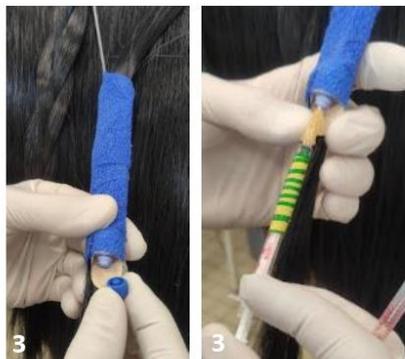
Sur le modèle :

⚠ Le modèle n'est pas waterproof, veillez à n'injecter que de l'air dans le cathéter !

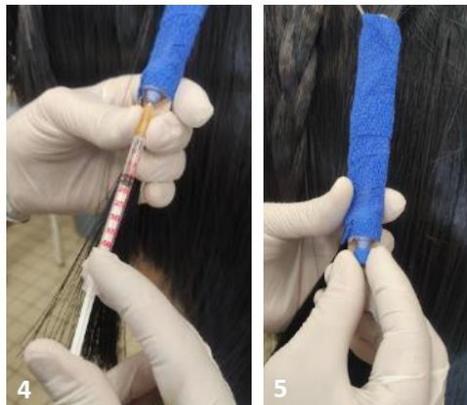
- 1) Remplir la « seringue de traitement » avec 0,2mL d'air (8UI), et la « seringue d'air » avec 1mL d'air (40UI).
- 2) Mettre des gants, puis se placer sur la gauche du mannequin de cheval et saisir l'embout injectable du cathéter sous palpébral. Nettoyer l'embout avec une compresse d'alcool.



- 3) Retirer le bouchon bleu foncé, puis insérer la « seringue de traitement » dans le bouchon injectable afin d'injecter le traitement oculaire (ici, de l'air).



- 4) Remplacer la « seringue de traitement » par la « seringue d'air » et injecter l'air afin de chasser le traitement de la tubulure du cathéter vers l'œil.



- 5) Retirer la seringue puis remettre le bouchon bleu foncé en place.

Consignes à respecter après réalisation

Jeter les compresses souillées dans une poubelle.
 Ranger le reste du matériel.

Pour en savoir plus...

→ Sur les cathéters sous-palpébraux :

Dwyer Ann E., « Chapter 2 : Practical General Field Ophthalmology » in Gilger B.C., *Equine Ophtalmology 2nd Edition*, Elsevier Saunders, Maryland Heights, p.73-78

→ Sur les complications liées à l'utilisation du dispositif :

Quéré Emilie, Chahory Sabine, Outcomes and complications associated with superior and inferior subpalpebral lavage treatment systems placed in 61 equine eyes (2004 - 2021), *Journal of Equine Veterinary Science*, 2022.



ELABORATION D'UN MODELE DE SIMULATION A VISEE PEDAGOGIQUE DE L'EXAMEN OCULAIRE DU CHEVAL

Auteur

JULIEN Evanne

Résumé

L'ophtalmologie est une discipline complexe qui requiert beaucoup de patience et de persévérance vis-à-vis de son apprentissage. En médecine équine, une bonne maîtrise des bases de l'ophtalmologie est indispensable au regard de l'importance et surtout des conséquences graves que peuvent avoir les affections oculaires dans cette espèce. Or, le cursus vétérinaire, du fait de la quantité des enseignements et de l'évolution de la prise en compte du bien-être animal, ne permet pas toujours aux étudiants d'effectuer les divers actes techniques de l'examen oculaire présentés dans les cours magistraux. Ainsi, il a été choisi de mettre en place un modèle de simulation à l'examen oculaire du cheval.

Le but de ce modèle est de compléter le modèle existant chez le chien, afin de permettre aux étudiants de renforcer leurs connaissances sur le déroulement de l'examen oculaire vétérinaire ainsi que leur maîtrise des instruments d'ophtalmologie. A cela s'ajoute la familiarisation avec les particularités de l'œil et de l'examen oculaire du cheval.

Cette thèse retrace les différentes étapes de l'élaboration d'un modèle de simulation à l'examen oculaire du cheval : le modèle HORSE (Horse Ophthalmology Reliable Simulation Element). Le modèle HORSE est un mannequin de cheval à taille réelle, sur lequel il est possible de réaliser divers actes techniques de l'examen oculaire. L'œil gauche du mannequin est fixe, il représente un œil physiologique de cheval et son système de drainage lacrymal. Du côté droit, six yeux interchangeables peuvent s'insérer dans l'orbite : ils illustrent des variations physiologiques et pathologiques de l'œil du cheval. L'étudiant peut ainsi s'exercer à la mise en évidence de ces variations grâce à des examens spécifiques. De plus, il a été ajouté à ce modèle la possibilité de sonder les voies lacrymales et de poser un cathéter sous-palpébral.

Les dernières pages de ce travail proposent un bilan sur le modèle HORSE. Bien qu'il ait été possible d'identifier de nombreuses limites à ce modèle, d'après les critères proposés par S. Barry Issenberg et Ross J. Scalese dans un de leurs articles, le modèle HORSE semble être un bon support d'enseignement. Il répond à de nombreux objectifs pédagogiques.

Mots-clés

SIMULATION, EXAMEN OCULAIRE, EQUINE, PEDAGOGIE

Jury

Président du jury :	Pr	BURILLON Carole
Directeur de thèse et 1er assesseur :	Pr	CADORE Jean Luc
2ème assesseur :	Pr	BONNET Jeanne-Marie
Membre invité :	Dr	LICHAN Stéphane