

III- LES FONCTIONS DE RELATION PERMETTENT DE PERCEVOIR L'ENVIRONNEMENT ET DE RÉAGIR

SV-A-1 REGARDS SUR UN ORGANISME MÉTAZOAIRE : UN BOVIDÉ



PROGRAMME

Savoirs visés

L'organisme est en interaction avec son environnement biotique et abiotique. La vache est incluse dans différents systèmes de relations intraspécifiques et interspécifiques (dont les relations avec l'être humain responsable de la domestication des animaux d'élevage). Les relations interspécifiques avec les microorganismes définissent l'organisme comme un holobionte.

La survie individuelle des organismes dépend de leur perception du milieu et de leur capacité de réaction et/ou de leurs systèmes de protection. Les informations perçues par les récepteurs sensoriels sont intégrées au niveau du système nerveux central qui élabore des réponses. Le déplacement de l'animal suite à la perception d'un stimulus met en jeu son squelette et les muscles striés associés. Le tégument joue un rôle d'isolant thermique et de barrière contre les agents pathogènes et les parasites. Face aux variations d'origine interne ou externe, les interrelations entre fonctions permettent une réponse de l'organisme. Une boucle de régulation permet le retour à une valeur de consigne d'un paramètre physiologique suite à la détection de ses variations par des récepteurs, au traitement et à l'intégration de l'information conduisant à une réponse coordonnée liée à des effets sur des organes cibles (effecteurs)

Capacités exigibles

- Différencier et illustrer les différents types de relations interspécifiques impliquant la vache

- Identifier les principales étapes menant de la perception d'une variation de paramètre physico-chimique du milieu à la mobilité de l'organisme.

LES FONCTIONS DE RELATION

- Les fonctions de **relation** = fonctions permettant à l'organisme d'interagir avec son **environnement**
 - percevoir son environnement (organes des sens)
 - s'y déplacer (locomotion)
 - s'y ancrer
 - de s'adapter aux fluctuations (T°C, ensoleillement, humidité...), contraintes (saisons, espace disponible, ...) ou agressions (proie-prédateur).
- Chez les mammifères, les fonctions de relation comprennent :
 - Le **soutien, la locomotion** : système squelettique, articulaire et musculaire
 - Le **maintien de l'intégrité et de défense** : système **tégumentaire** et système immunitaire
 - La **perception** de l'environnement (et des paramètres de l'organisme) : systèmes sensoriels (souvent inclus dans système nerveux)
 - La **communication** au sein de l'organisme, sa régulation : système nerveux, système endocrinien



INTRODUCTION

Fonctions de relation = Ensemble des systèmes et appareils impliqués dans l'interaction avec l'environnement

⇒ Relations intraspécifiques (soins, reproduction, sentinelle, chasse...)

⇒ Relations interspécifiques

- Biotope (milieu extérieur)
- Biocénose (autres organismes)



LES FONCTIONS DE RELATION SONT UTILISÉES

Dans toute interaction avec l'écosystème

- Pour se nourrir
- Pour se reproduire
- Pour les relations intra et interspécifiques
- Pour intégrer les messages reçus



LES GRANDES COMPOSANTES DE LA FONCTION DE RELATION

■ Protection

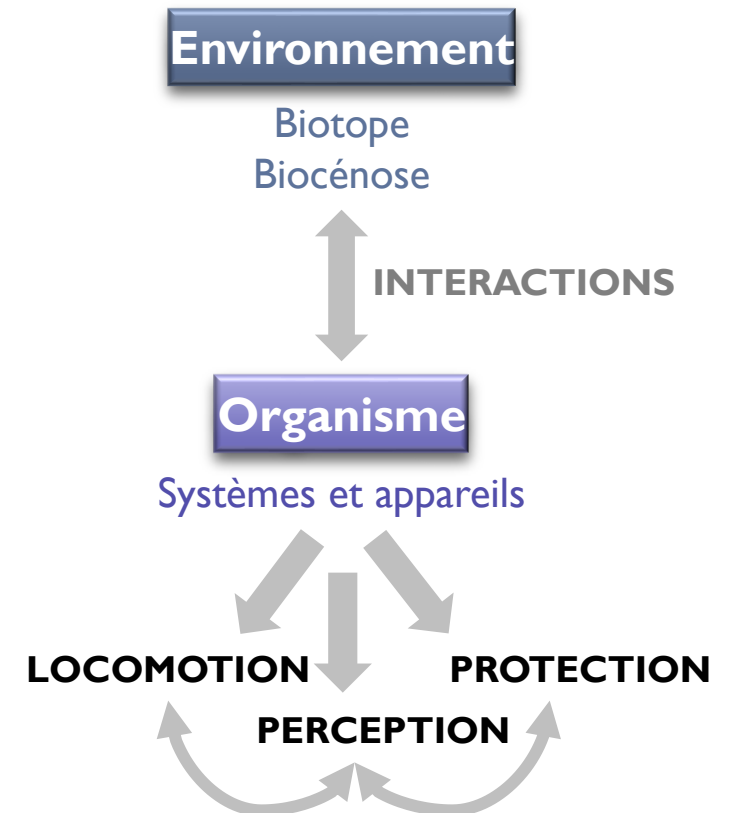
- Système tégumentaire (phanères)
- Système immunitaire

■ Perception

- Système nerveux (Organes sensoriels + Intégration nerveuse)
- Système endocrinien

■ Locomotion

- Squelette + Muscles + Articulations, tendons, ligaments
- Système nerveux
- (Système cardio-respiratoire)



PLAN DU COURS

III. Les fonctions de relation permettent de percevoir l'environnement et de réagir

- A. La vache réalise des interactions inter- et intraspécifiques
 - 1. La vache est un animal grégaire qui réalise des interactions au sein du troupeau
 - 2. La vache réalise des interactions interspécifiques
 - 3. Bilan : ces interactions ont permis la domestication
 - 4. la vache perçoit son environnement et répond aux différents stimuli
- B. Le squelette articulé et la musculature permettent les déplacements de l'organisme
 - 1. squelette axial vs squelette appendiculaire
 - 2. l'articulation autorise le mouvement de deux pièces squelettiques
 - 3. Le mouvement est assuré par les muscles antagonistes
 - 4. Le système nerveux central assure l'intégration des informations sensorielles et élabore une réponse

- C. Le tégument assure une protection (thermique et contre les pathogènes)
 - 1. structure du tégument de la vache
 - 2. les rôles du tégument de la vache (et des muqueuses)
 - 3. Le tégument participe à la thermorégulation (cf 1ère ES)
 - 4. les phanères de la vache

PLAN DU COURS

III. Les fonctions de relation permettent de percevoir l'environnement et de réagir

A. La vache réalise des interactions inter- et intraspécifiques

1. La vache est un animal grégaire qui réalise des interactions au sein du troupeau
2. La vache réalise des interactions interspécifiques
3. Bilan : ces interactions ont permis la domestication
4. la vache perçoit son environnement et répond aux différents stimuli

B. Le squelette articulé et la musculature permettent les déplacements de l'organisme

1. squelette axial vs squelette appendiculaire
2. l'articulation autorise le mouvement de deux pièces squelettiques
3. Le mouvement est assuré par les muscles antagonistes
4. Le système nerveux central assure l'intégration des informations sensorielles et élabore une réponse

C. Le tégument assure une protection (thermique et contre les pathogènes)

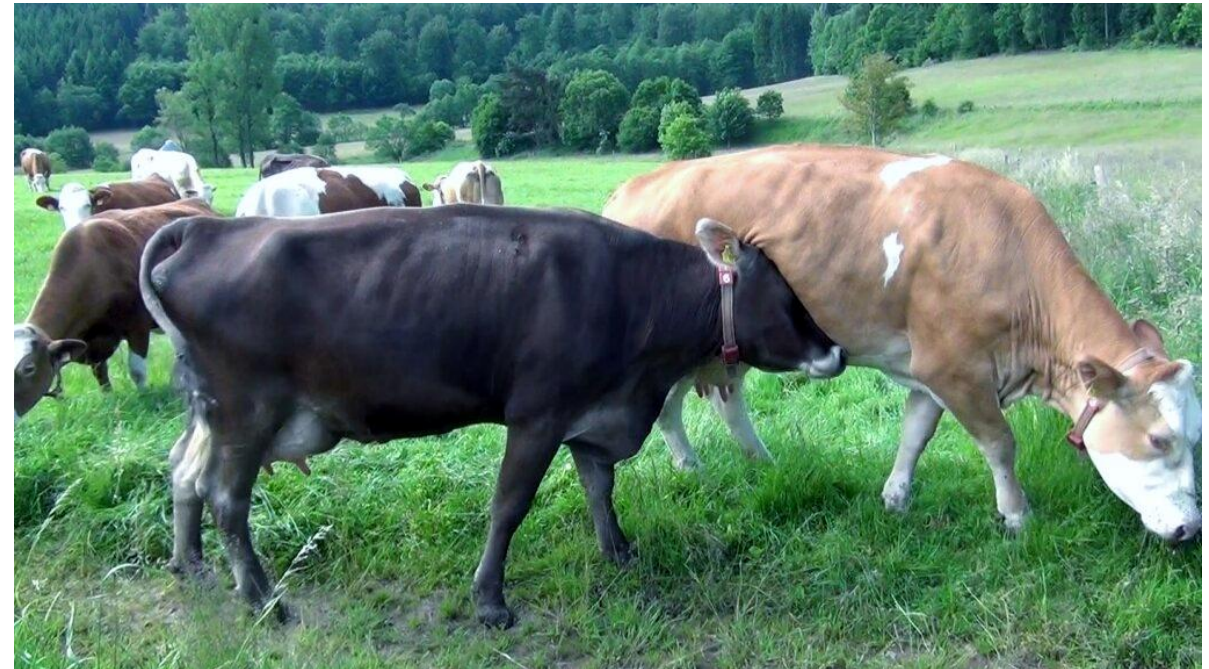
1. structure du tégument de la vache
2. les rôles du tégument de la vache (et des muqueuses)
3. Le tégument participe à la thermorégulation (cf 1ère ES)
4. les phanères de la vache

A. LA VACHE RÉALISE DES INTERACTIONS INTER- ET INTRASPÉCIFIQUES



I. La vache est un animal grégaire qui réalise des interactions au sein du troupeau

- Animal **grégaire** = vie en troupeau
- ⇒ Isolement d'une vache => stress => ∩ durée d'alimentation
- Troupeaux d'élevage = 100% femelles → **hiérarchie sociale = dominante + subordonnée** (cf organisation du troupeau au moment de la traite, déplacement en transhumance, grooming ...)
- Néolithique, début de domestication = homme = dominant vis-à-vis de « l'aurochs »
- ⇒ Facilitation de la domestication

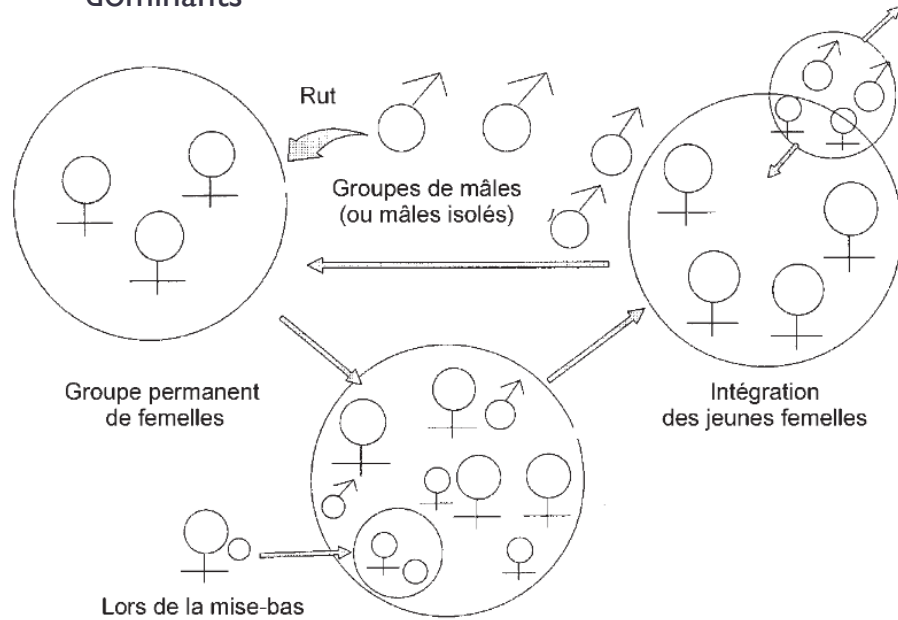


La vache dominante est souvent plus âgée

A. LA VACHE RÉALISE DES INTERACTIONS INTER- ET INTRASPÉCIFIQUES

I. La vache est un animal grégaire qui réalise des interactions au sein du troupeau

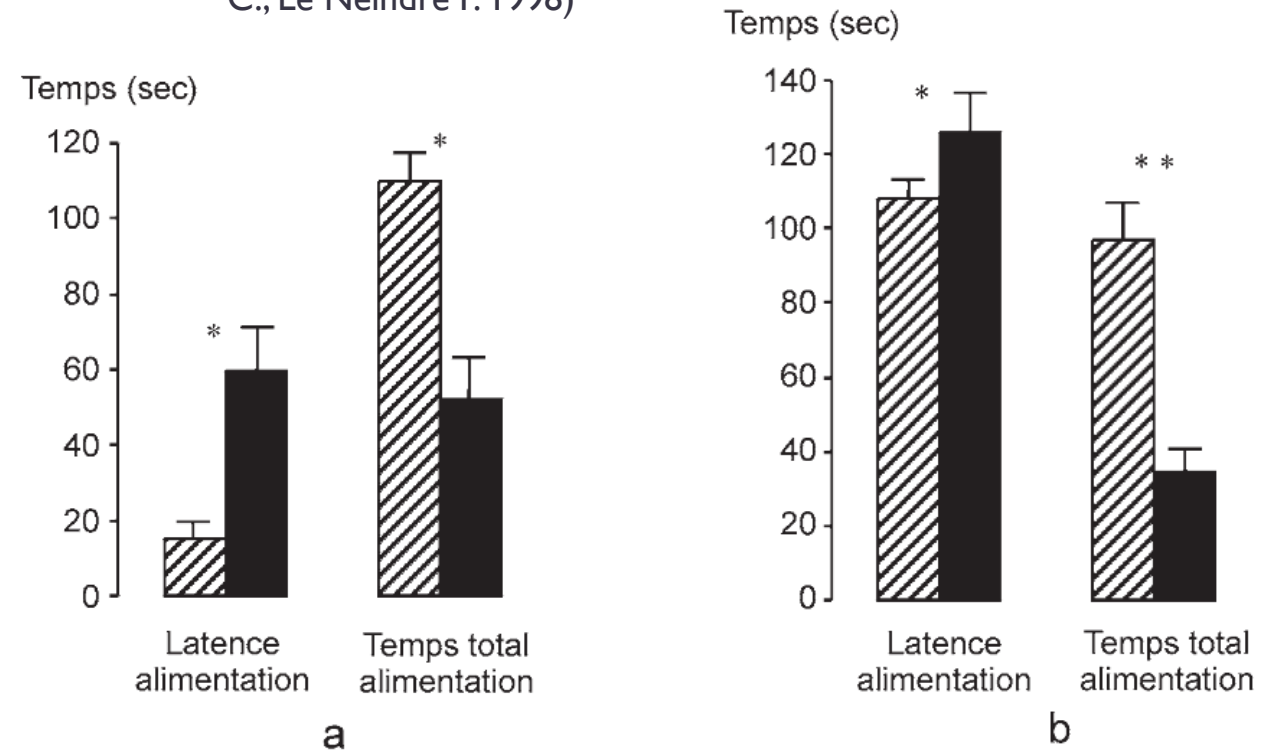
- Comportement social des bovins retournés à l'état sauvage (bisons, buffles, yack et bœuf musqué) :
 - espèces non territoriales
 - Structure sociale avec 3 types de groupes
 - Hiérarchie entre les mâles
 - Mâles adultes au sein d'un troupeau pas nécessairement dominants



Représentation schématique de l'évolution de la structure sociale pendant la période de reproduction chez les Ongulés non territoriaux et ne formant pas de harems permanents. Source M.-F. BOUISSOU, A. BOISSY

BCPSTI-ENCPB- STÉPHANIE DALAINE

- Transmission de l'état de stress entre bovins (Boissy A., Terlouw C., Le Neindre P. 1998)



a) Réactions de génisses placées dans un environnement non familier dans lequel elles peuvent s'alimenter, en présence de congénères stressés (surface noire) ou non stressés (surface hachurée).

b) Réactions de génisses placées dans un environnement non familier en présence d'urine de congénères stressés ou non stressés, l'urine étant placée sous la nourriture

A. LA VACHE REALISE DES INTERACTIONS INTER- ET INTRASPECIFIQUES

I. La vache est un animal grégaire qui réalise des interactions au sein du troupeau

- Vache animal grégaire
 - ⇒ **comportement social**
 - léchage au sein de vaches de « même rang »
 - Conduite du troupeau (déplacement vers le champ, vers la salle de traite, place aux cornadis)
- Hiérarchie au sein d'un troupeau stable si structure stable
- Comportement sous contrôle hormonal (vaches subordonnées deviennent dominantes après injection de testostérone)



Domestication: l'acquisition, la perte ou le développement de caractères morphologiques, physiologiques ou comportementaux nouveaux et héréditaires, résultant d'une interaction prolongée, d'un contrôle voire d'une sélection délibérée de la part des communautés humaines. Elle se traduit par une modification plus ou moins profonde du patrimoine génétique de l'espèce, voire la formation d'une espèce génétiquement disjointe (non interféconde avec l'espèce originelle). **Source Wikipédia**

REMARQUE SUR LA DOMESTICATION DE L'AUROCHS

Données d'archéozoologie et de génétique → domestication à partir de l'**aurochs**, *Bos primigenius bojanus* au **Proche-Orient** (il y a environ 8 à 10.000 ans)

⇒ génome mitochondrial

⇒ Dernier individu sauvage 1627

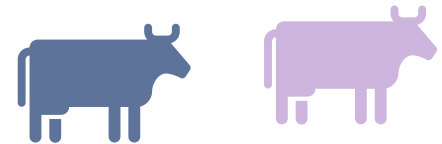
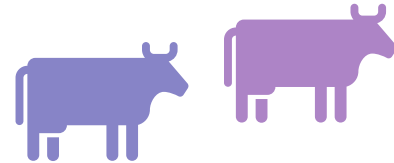
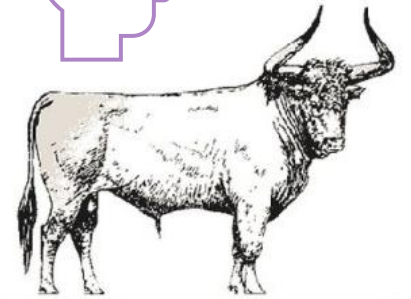
- Aurochs reconstitué actuel : grande taille et masse (1000 kg, 2 m au garrot pour les plus gros mâles), + grandes cornes en spirale + dimorphisme sexuel marqué + agressif s'il est attaqué.
- Domestication débute il y a **6000 ans avant J-C** par **sélection massale** → production, docilité → lait, viande, cuir, fumier, bêtes de trait.

⇒ **800 races de bovins d'élevage actuels**

(dont celle de l'aurochs-reconstitué = rustique en 1997)

⇒ **races laitières / races allaitants / races mixtes**

⇒ Index de Santé Unique

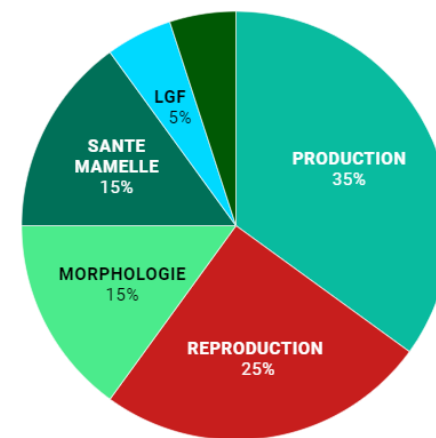
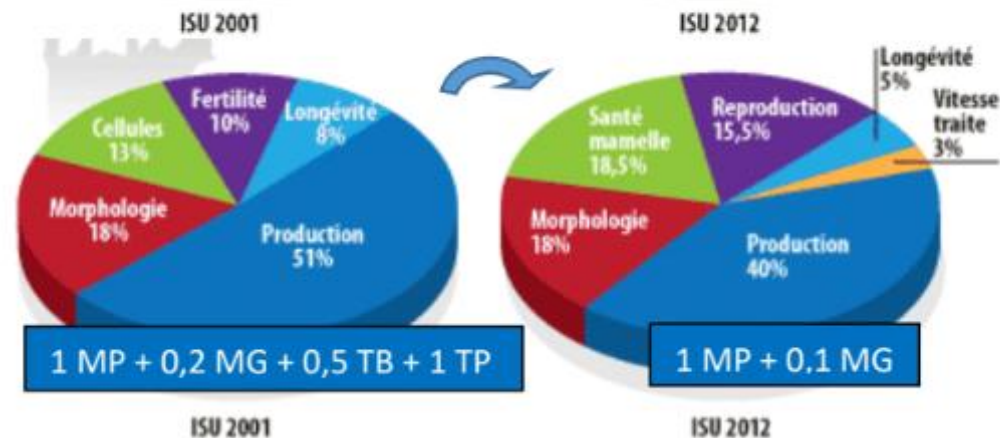
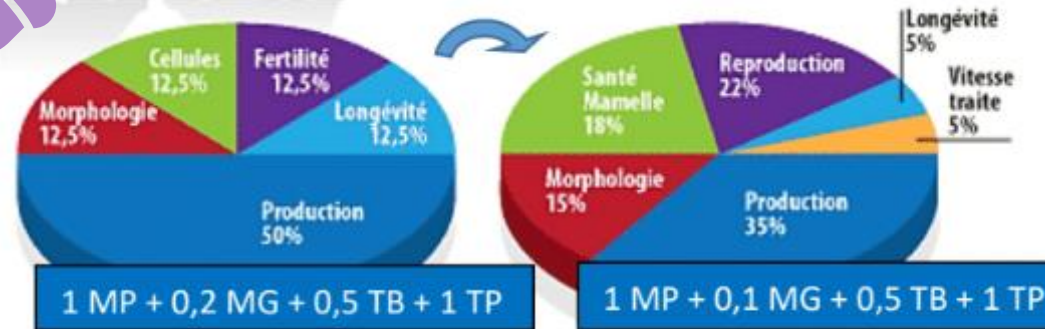


Reconstitution de l'Aurochs (musée grotte Cosquer Marseille)



ISU: INDEX DE SANTÉ UNIQUE

- ISU: ensemble de caractères (morphologiques, fonctionnels, cellulaires) pondérés et établis pour chaque race, définissant les objectifs de sélection
- Objectifs d'amélioration pour la race Prim'Holstein
 - ↗ Fertilité
 - Maintenir: quantité et qualité (TB, TP, cellules)
 - Maintenir : Santé mamelle
 - Maintenir: morphologie (trayons, aplombs, bassin)



ISU 2022

Formule du nouvel ISU Prim'Holstein

- PRODUCTION
- REPRODUCTION
- MORPHOLOGIE
- SANTÉ MAMELLE
- LGF
- TRAITE

Caractère	Détail des grandeurs mesurées pour ce caractère
Production laitière	Mesuré par lactation : Taux Butyreux (TB) = teneur en matières grasses ; Taux Protéique (TP) = teneur en protéines ; Matière Protéique (MP) = masse de lait x TP ; Matière Grasse (MG) = masse de lait x TB ; la pondération est indiquée sous les camemberts.
Reproduction	Fertilité des vaches ; Fertilité des génisses ; Intervalle vêlage-première insémination
Santé Mamelle	Nombre de cellules par ml de lait (indicateur d'inflammation de la mamelle ou mammite) ; Nombre de cas de mammites cliniques
Morphologie	Forme de la mamelle ; Forme du corps ; Aplombs des membres ; Bassin ; Valeur bouchère
Vitesse de traite	Temps entre la pose du 1 ^{er} gobelet de la trayeuse et la dépose du 3 ^e gobelet
Longévité fonctionnelle	Ecart entre l'âge à la réforme et l'âge au premier vêlage. On estime le gain ou la perte de longévité pour des causes non liées à la production.

PLAN DU COURS

III. Les fonctions de relation permettent de percevoir l'environnement et de réagir

- A. La vache réalise des interactions inter- et intraspécifiques
 - 1. La vache est un animal grégaire qui réalise des interactions au sein du troupeau
 - 2. La vache réalise des interactions interspécifiques
 - 3. Bilan : ces interactions ont permis la domestication
 - 4. la vache perçoit son environnement et répond aux différents stimuli
- B. Le squelette articulé et la musculature permettent les déplacements de l'organisme
 - 1. squelette axial vs squelette appendiculaire
 - 2. l'articulation autorise le mouvement de deux pièces squelettiques
 - 3. Le mouvement est assuré par les muscles antagonistes
 - 4. Le système nerveux central assure l'intégration des informations sensorielles et élabore une réponse

- C. Le tégument assure une protection (thermique et contre les pathogènes)
 - 1. structure du tégument de la vache
 - 2. les rôles du tégument de la vache (et des muqueuses)
 - 3. Le tégument participe à la thermorégulation (cf 1ère ES)
 - 4. les phanères de la vache

2. La vache réalise des interactions interspécifiques



- **coopération :**
 - domestication de *Bos taurus* par *Homo sapiens*
 - Bouses avec insectes coprophages (bousiers)
- **symbiose :** bénéfice mutuel.
 - Vache = **supra organisme** = **holobionte**
- **Parasitisme:** mouches, tiques, douve, virus



Couper la queue d'une vache n'est pas une bonne idée...



Importance des insectes coprophages

VIRUS: EXEMPLE DU DNC = DERMATOSE NODULAIRE CONTAGIEUSE BOVINE VIRUS DE LA FAMILLE DES POXVIRIDAE

- *Remarque sur le virus de la DNC : Capripoxvirus*: Ce virus, à ADN, est surtout transmis par des vecteurs hématophages : stomoxe en stabulation (persistance du virus 48h), taon en pâturage, tiques trans-hivernantes (persistance du virus 2 mois) ; mais aussi sécrétions (salive, lait), le virus est très résistant dans le milieu extérieur ⇒ rayon d'action de qqs m à 30 km pour les déplacements actifs.
- La durée d'incubation est de 4 à 14 jours, et peut atteindre 28 jours (⇒ détection difficile de la maladie).
- Les signes cliniques sont une fièvre (41 °C), des nodules sur la peau, amaigrissement (⇒ chute de la production laitière).
- Le taux de reproduction de bases (R0) peut atteindre 16 (1 bovin infecte 16 autres bovins) ce qui est très élevé ; le temps de génération n'est pas encore documenté (pour la Covid-19 le R0 était de 2,5-3 et le temps de génération de 5 -6 jours) ⇒ fort impact sur le taux de morbidité et donc impact lourd économiquement
- Le taux de mortalité est de 10% mais le taux de morbidité atteint 45% (nb de bovins atteints/ population totale exposée) ⇒ l'impact économique est donc très important.



Nodules multiples sous la peau d'un veau atteint de DNCB

Veau atteint de DNCB

<https://www.supervet.expert/nouvelle-epizootie-la-dermatose-nodulaire-contagieuse-des-bovins/>

Sources:

https://www.gds72.fr/wp-content/uploads/2025/08/DNC_synthesedesconnaissances_VF_DNC_synthesedesconnaissances_VF_compressed.pdf

<https://www.depecheveterinaire.com/dnc-vers-la-fin-de-l-epizootie-au-18-janvier-en-france-67994C7EB667A465.html>

https://www.depecheveterinaire.com/dnc-le-jeune-confrere-ayant-diagnostique-le-premier-cas-en-france-temoigne-679C4F853C6DAA6B.html?utm_content=424517825&utm_medium=social&utm_source=linkedin&utm_channel=lcp-18558987

VIRUS

➤ **Coronaviroses bovines** (*coronavirus bovin* = BCoV)



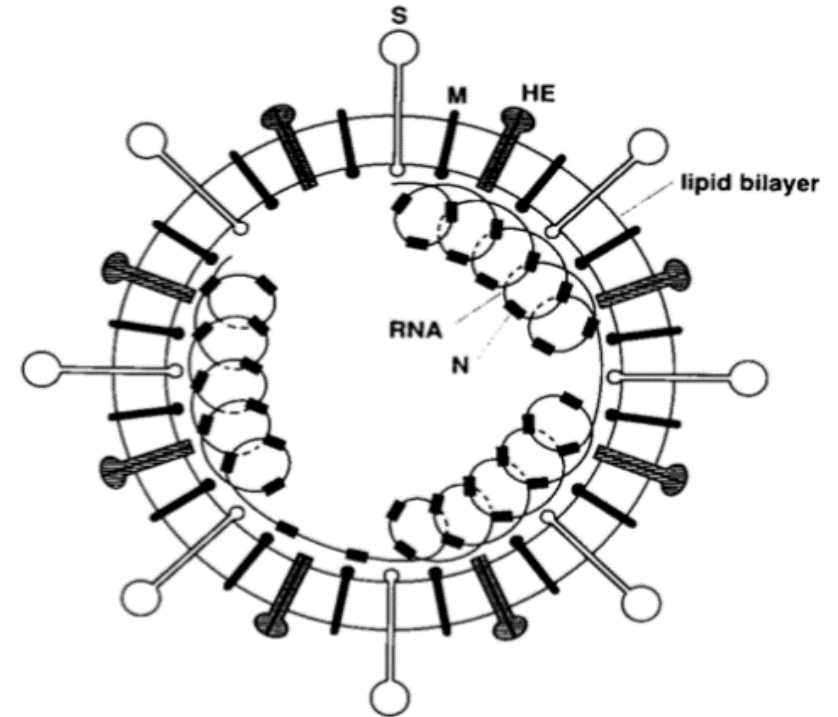
- à l'origine de troubles digestifs et respiratoires chez les bovins domestiques et sauvages
- répandues à travers le monde
- leur incidence très élevée dans les élevages de bovins laitiers et bovins à viande
- pertes économiques considérables.

➤ Ex: BCoV

- ✓ virus
- ✓ 120nm
- ✓ enveloppe (bicouche lipidique) avec glycoprotéines A
- ✓ ARN

➤ Maladie hémorragique Epizootique (MHE)

- <https://agriculture.gouv.fr/mhe-la-maladie-hemorragique-epizootique#section-1>



Modèle de la structure du virus BCoV. Enveloppe virale constituée d'une bicouche lipidique dérivée de la membrane de cellule hôte dans laquelle sont enchâssées 3 protéines virales : M, S et HE. La glycoprotéine M interagit avec la nucléocapside ; les glycoprotéines S et HE font saillie à l'extérieur. La nucléocapside hélicoïdale est constituée d'un seul brin d'ARN et de protéines N associées.

Schéma d'un coronavirus bovin (BCoV)

PLAN DU COURS

III. Les fonctions de relation permettent de percevoir l'environnement et de réagir

A. La vache réalise des interactions inter- et intraspécifiques

1. La vache est un animal grégaire qui réalise des interactions au sein du troupeau
2. La vache réalise des interactions interspécifiques
3. Bilan : ces interactions ont permis la domestication
4. la vache perçoit son environnement et répond aux différents stimuli

B. Le squelette articulé et la musculature permettent les déplacements de l'organisme

1. squelette axial vs squelette appendiculaire
2. l'articulation autorise le mouvement de deux pièces squelettiques
3. Le mouvement est assuré par les muscles antagonistes
4. Le système nerveux central assure l'intégration des informations sensorielles et élabore une réponse

C. Le tégument assure une protection (thermique et contre les pathogènes)

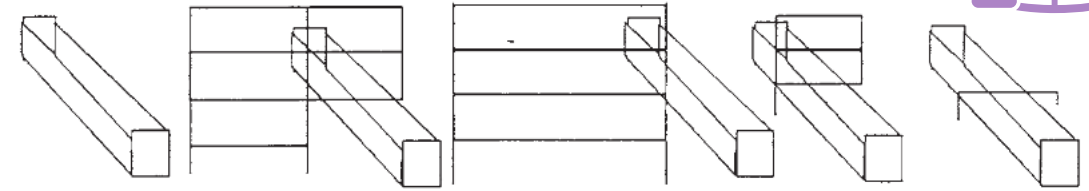
1. structure du tégument de la vache
2. les rôles du tégument de la vache (et des muqueuses)
3. Le tégument participe à la thermorégulation (cf 1ère ES)
4. les phanères de la vache

3. Bilan: ces interactions ont permis la domestication

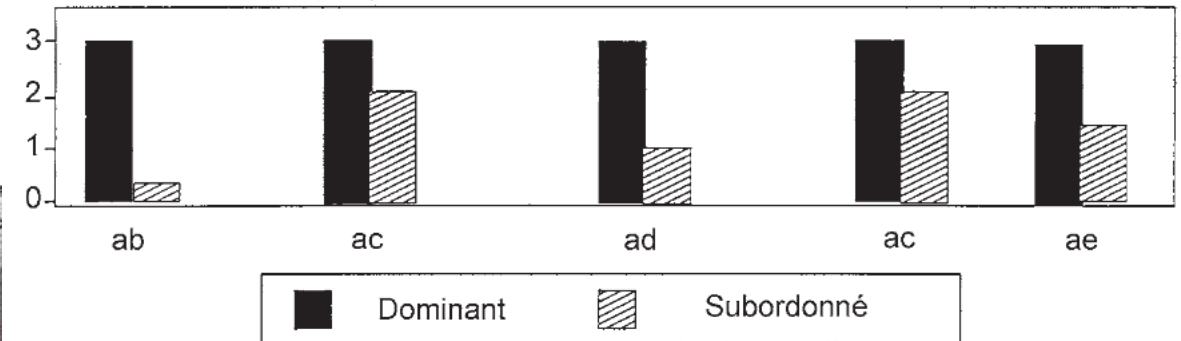
- **relations entre vaches** : stabilisation du troupeau + éleveur perçu comme dominant
- **interactions avec le berger et les chiens** facilitent la gestion du troupeau (conduire les bêtes à la traite, dans les pâturages, protection du troupeau contre le loup (attaques sur des veaux en Vanoise ...))



Importance des interactions avec le berger et le chien (dominants)



Temps d'alimentation (min)



La protection au niveau de la tête est importante ; elle peut même être réduite à un niveau symbolique : une simple barre au dessus de l'auge.

Effet de différents types de séparations sur le temps d'alimentation chez les bovins en fonction de leur niveau de dominance (Bouissou M.-F., 1970).

PLAN DU COURS

III. Les fonctions de relation permettent de percevoir l'environnement et de réagir

A. La vache réalise des interactions inter- et intraspécifiques

1. La vache est un animal grégaire qui réalise des interactions au sein du troupeau
2. La vache réalise des interactions interspécifiques
3. Bilan : ces interactions ont permis la domestication
4. la vache perçoit son environnement et répond aux différents stimuli

B. Le squelette articulé et la musculature permettent les déplacements de l'organisme

1. squelette axial vs squelette appendiculaire
2. l'articulation autorise le mouvement de deux pièces squelettiques
3. Le mouvement est assuré par les muscles antagonistes
4. Le système nerveux central assure l'intégration des informations sensorielles et élabore une réponse

C. Le tégument assure une protection (thermique et contre les pathogènes)

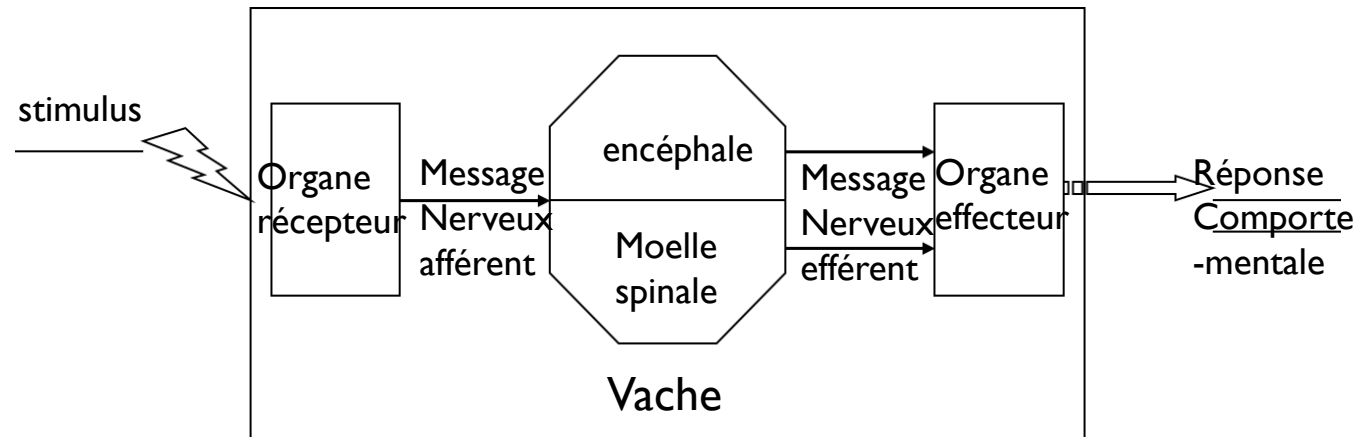
1. structure du tégument de la vache
2. les rôles du tégument de la vache (et des muqueuses)
3. Le tégument participe à la thermorégulation (cf 1ère ES)
4. les phanères de la vache

4. La vache perçoit son environnement et répond aux différents stimuli

4.1. Les organes des sens perçoivent de nombreux stimuli

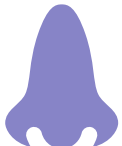
- **Concentration des organes des sens = céphalisation:** œil (vue), oreille (ouïe), cavité nasale (odorat), langue (goût)
- **stimulus** perçu par récepteurs sensoriels
- ⇒ **transduction** = transformation du stimulus en **message nerveux électrique codé en fréquence**
- ⇒ **Transmission** du message via nerfs afférents
- ⇒ Intégration par le **système nerveux central (SNC)**
- ⇒ Émission d'un nouveau message nerveux **efférent**
- ⇒ Réception du message nerveux efférent par organe **effecteur**
- ⇒ Réponse physiologique(comportementale)

Cf TP dissection souris



Existence de récepteurs sensoriels internes : barorécepteurs, chémorécepteurs, thermorécepteurs, qui renseignent le système nerveux central sur la composition ou l'état du milieu intérieur

ORGANES SENSORIELS CHEZ LA VACHE



Organe sensoriel	Fonction	Récepteur sensoriel	Stimulus	Particularités chez la vache
Œil	Vision	Photorécepteurs	Lumière	Large champ de vision, vision binoculaire restreinte, myopie, ajustement lent aux variations d'intensité
Oreille	Audition	Mécanorécepteurs	Vibrations sonores	Pavillon mobile. Perception des hautes fréquences, jusque 35.000 Hz (20.000 Hz chez l'homme).
	Equilibration		Position de la tête	
Cavité nasale	Olfaction	Chimiorécepteurs	Substances chimiques en solution	Grande sensibilité aux odeurs. Communication olfactive entre les individus (phéromones)
Langue	Gustation	Chimiorécepteurs	Substances chimiques en solution	Sensibilité aux 4 goûts primaires (sucré, salé, amer, acide)
Tégument	Somesthésie : Toucher, pression	Mécanorécepteurs	Pression	Récepteurs à la pression répartis dans tout l'organisme. Récepteurs tactiles au niveau de la peau, zones les plus sensibles : joues, encolure, attache de la queue, intérieur des cuisses, mamelle, vulve.
	Température	Thermorécepteurs	Variations de température	
	Douleur	Nocirécepteurs		Récepteurs à la douleur répartis dans tout l'organisme. Peu de signes extérieurs de souffrance (cela évite d'attirer l'attention d'un prédateur dans le cas des bovidés sauvages)

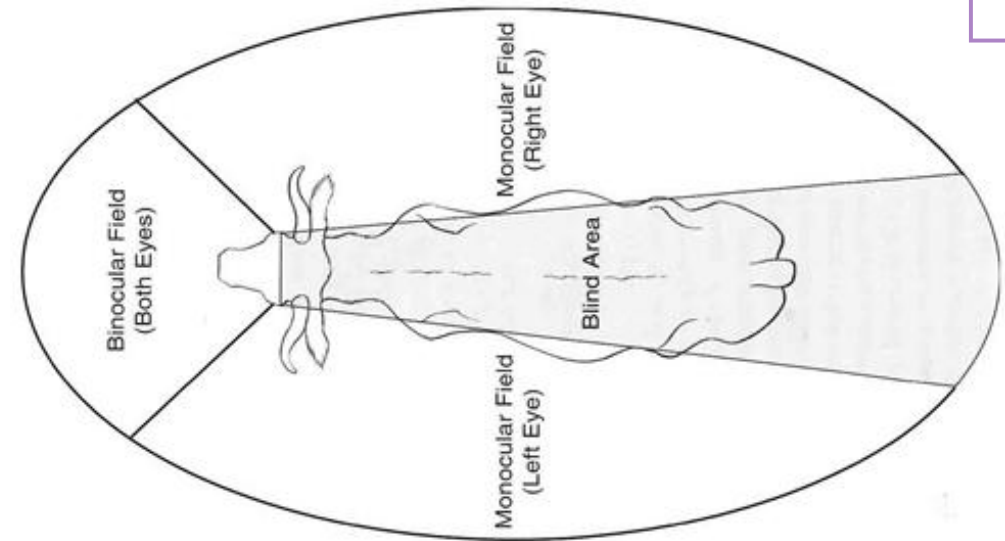
A. LA VACHE REALISE DES INTERACTIONS INTER- ET INTRASPECIFIQUES

4. La vache perçoit son environnement et répond aux différents stimuli



4.1. Le champ visuel de la vache

- Champ visuel (n.m.) : ensemble des points de l'espace perçu par les deux yeux sans bouger la tête ni les yeux.
- Deux yeux en position latérale
 - ⇒ Champ visuel de **330°**
 - ⇒ **Vision binoculaire restreinte à un cône de 25° vers l'avant**
 - ⇒ Approche de l'animal sans mouvements rapides



Test de bien être en avançant vers l'animal maintenu aux cornadis

PLAN DU COURS

III. Les fonctions de relation permettent de percevoir l'environnement et de réagir

A. La vache réalise des interactions inter- et intraspécifiques

1. La vache est un animal grégaire qui réalise des interactions au sein du troupeau
2. La vache réalise des interactions interspécifiques
3. Bilan : ces interactions ont permis la domestication
4. la vache perçoit son environnement et répond aux différents stimuli

B. Le squelette articulé et la musculature permettent les déplacements de l'organisme

1. squelette axial vs squelette appendiculaire
2. l'articulation autorise le mouvement de deux pièces squelettiques
3. Le mouvement est assuré par les muscles antagonistes
4. Le système nerveux central assure l'intégration des informations sensorielles et élabore une réponse

C. Le tégument assure une protection (thermique et contre les pathogènes)

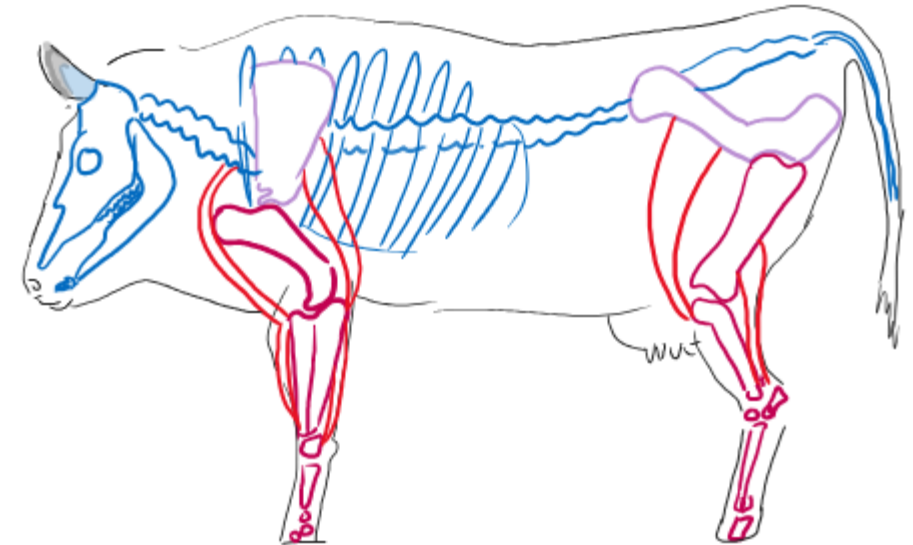
1. structure du tégument de la vache
2. les rôles du tégument de la vache (et des muqueuses)
3. Le tégument participe à la thermorégulation (cf 1ère ES)
4. les phanères de la vache

B. LE SQUELETTE ARTICULÉ ET LA MUSCULATURE PERMETTENT LES DÉPLACEMENTS DE L'ORGANISME

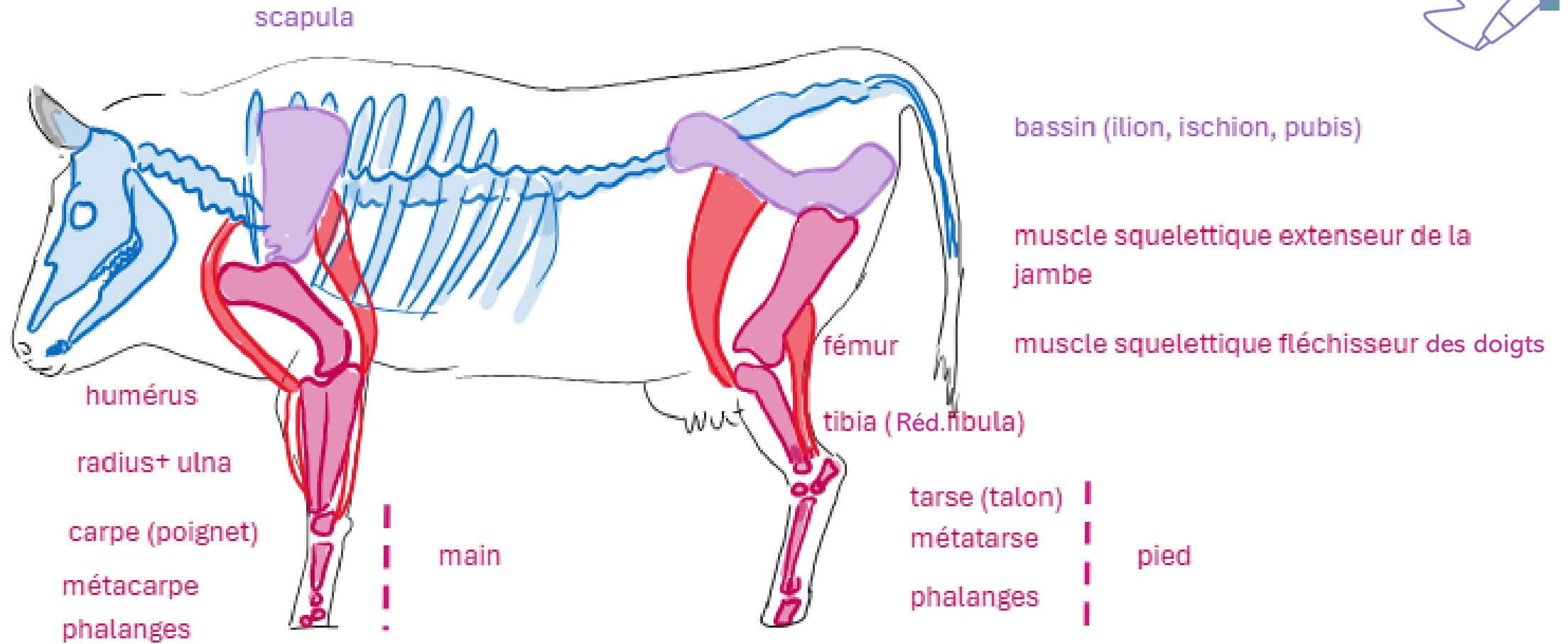
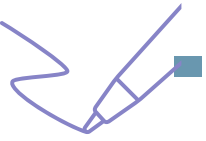


I. Squelette axial vs squelette appendiculaire

- Le **squelette axial** comprend :
 - le squelette **céphalique** (crâne au sens large) = boîte crânienne + os de la face (mâchoire + dentition) + os de l'oreille moyenne
 - le squelette **axial** : axe squelettique (vertèbres) + cage thoracique
- Le squelette **appendiculaire** comprend :
 - le squelette **zonal** = ceintures scapulaires (épaules) et pelviennes (=bassin)
 - le squelette des **membres** (thoracique et pelvien) (stylo-, zeugo-, autopode)



Les principaux éléments du squelette de la vache (S. Dalaine)



squelette axial (crâne + colonne vertébrale)



squelette zonal (ceinture scapulaire et pelvienne)

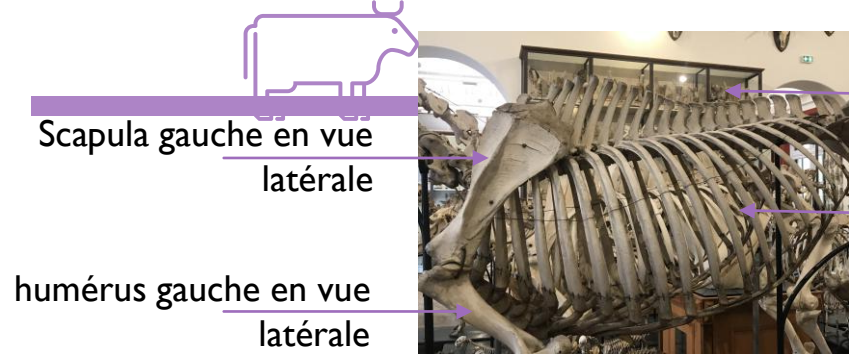


squelette appendiculaire (membre antérieur et postérieur chiridien)



muscles squelettiques (antagonistes: fléchisseur vs extenseur)

Les principaux éléments du squelette de la vache (S. Dalaine)



Vertèbres thoraciques gauche

Côtes constituant la cavité thoracique

Squelette axial de vache Musée Fragonard (S. Dalaine)

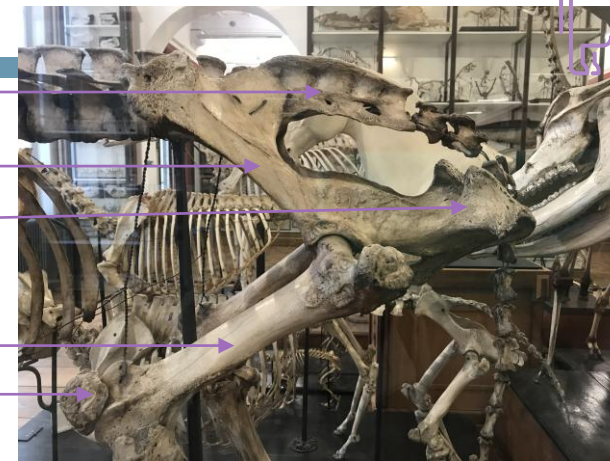
Vertèbres caudales soudées (coccyx)

Ilion gauche

Ischion gauche

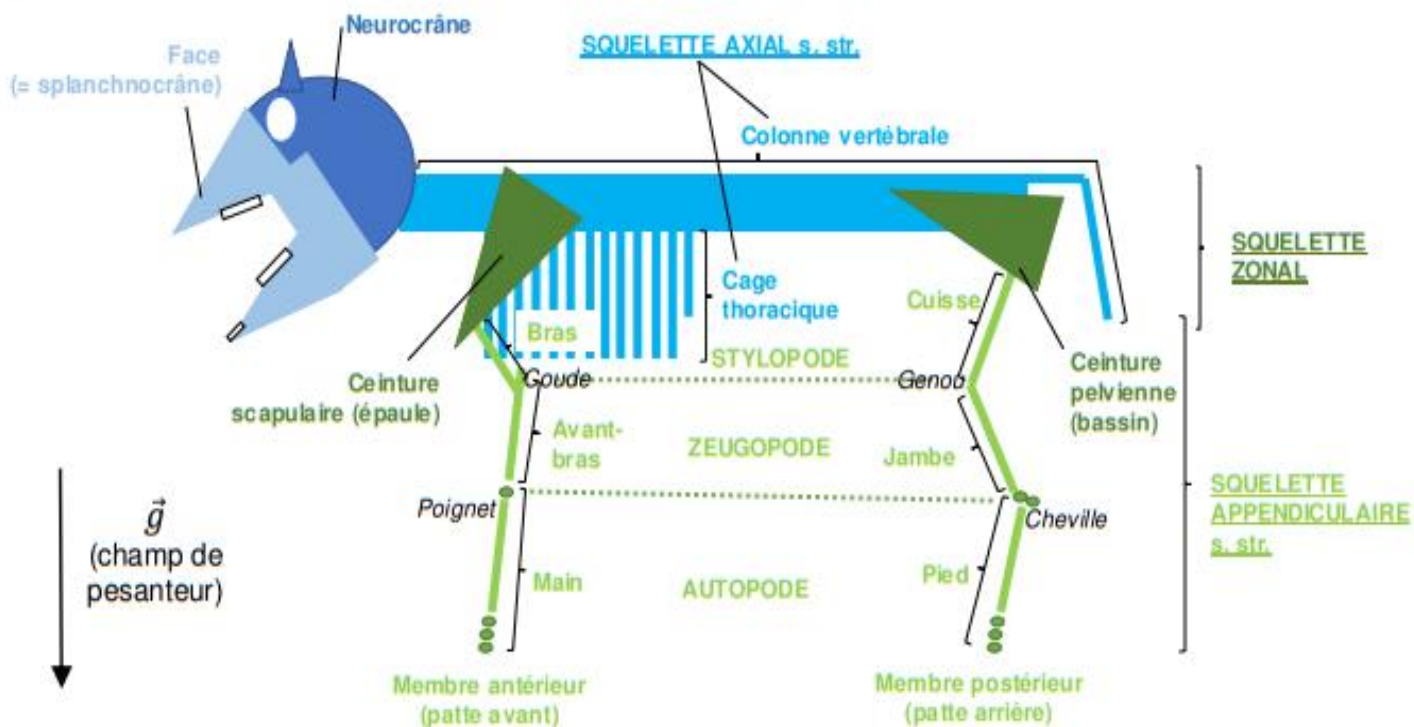
Fémur gauche

Rotule gauche



(1) SQUELETTE AXIAL AU SENS LARGE

SQUELETTE CÉPHALIQUE = CRÂNE s. l.



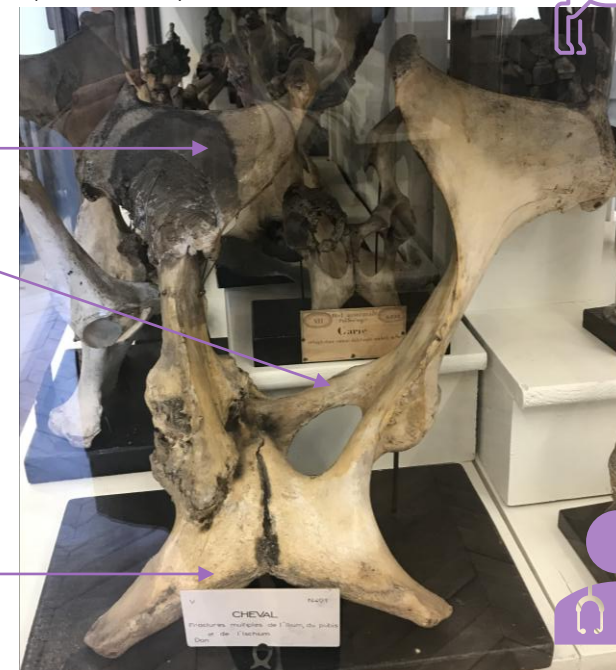
Ceinture pelvienne en vue latérale gauche de vache Musée Fragonard (S. Dalaine)

Ilion gauche fracturé

Ischion droit

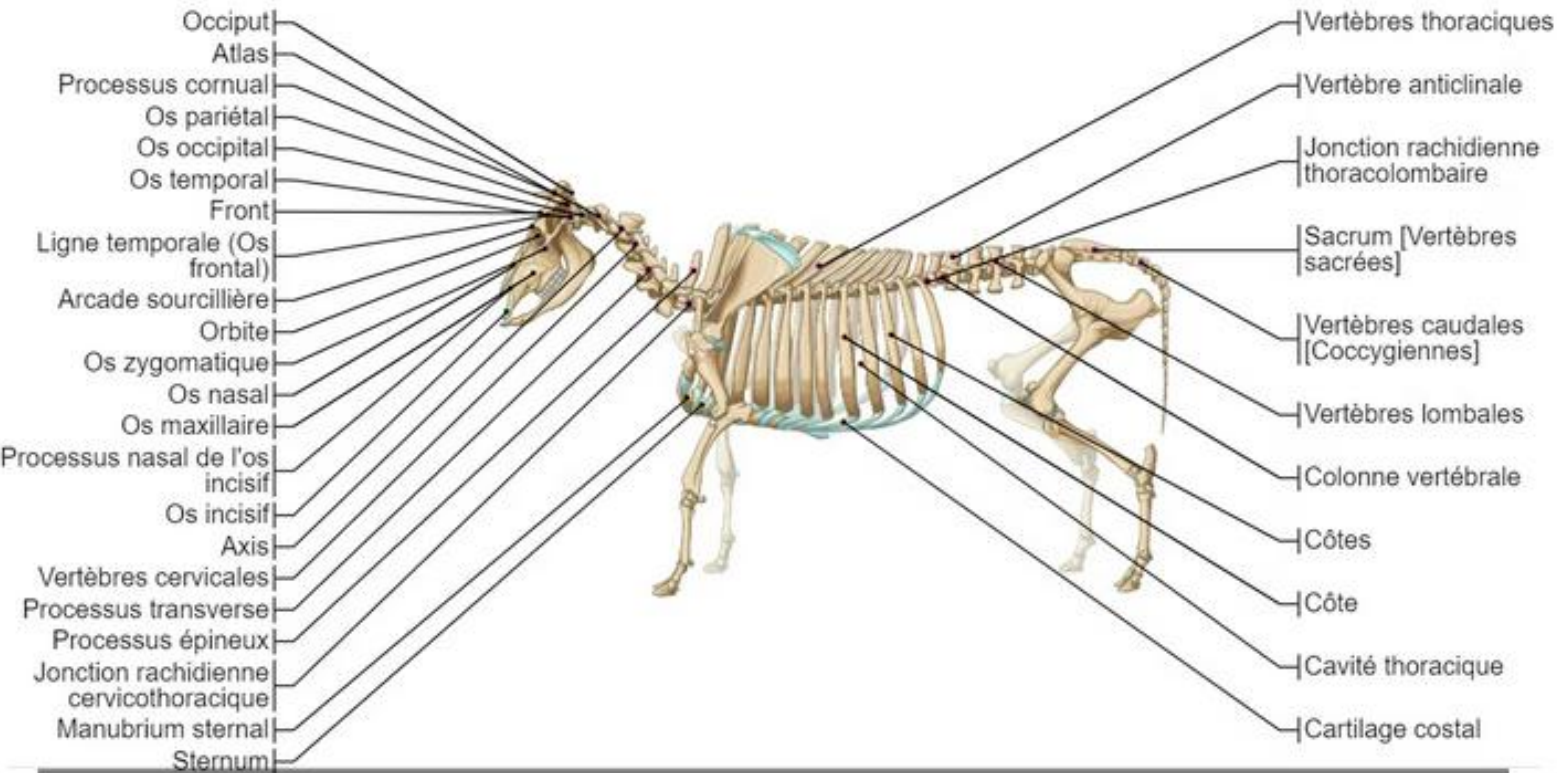
(2) SQUELETTE APPENDICULAIRE AU SENS LARGE

Pubis droit



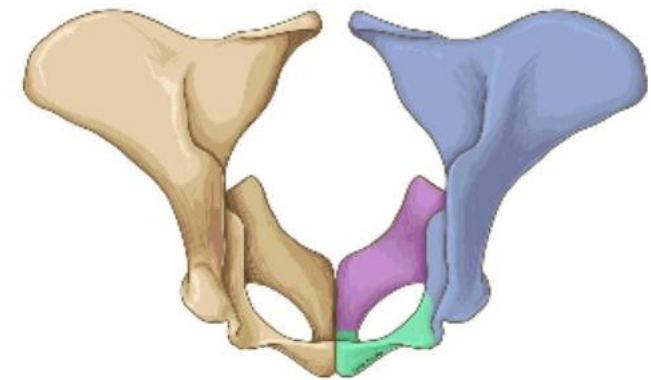
Fractures multiples de l'ilion, du pubis et de l'ischion (cheval) Musée Fragonard (S. Dalaine)

Figure 5 : régionalisation du squelette de la vache (d'après Tanguy Jean)

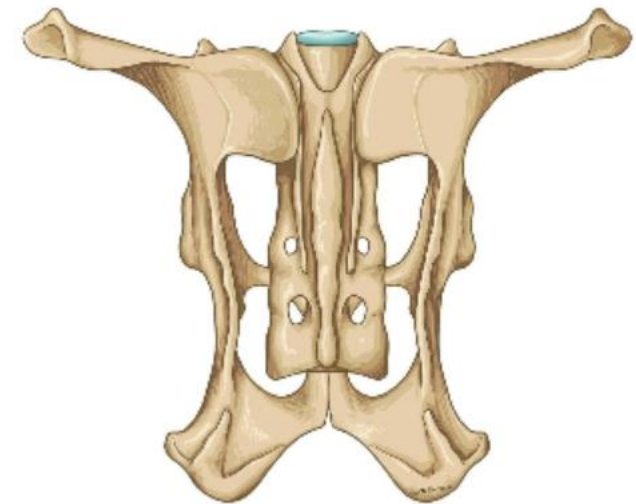


Squelette axial et appendiculaire de vache en vue latérale gauche

<https://www.imaios.com/fr/vet-anatomy/bovin/bovin-osteologie>

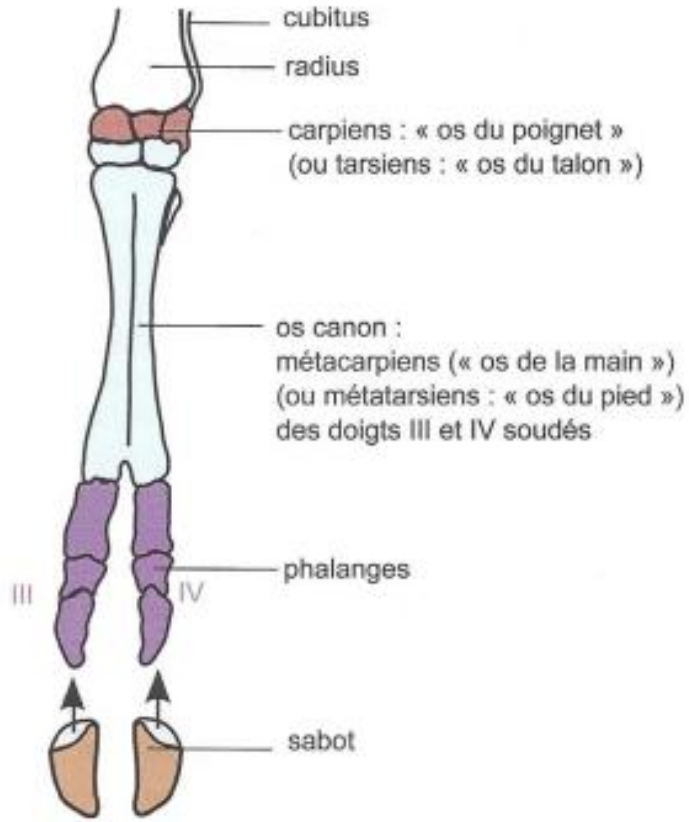


Squelette de la ceinture pelvienne de vache en vue crâniale



Squelette de la ceinture pelvienne de vache en vue caudale

Artiodactyle: nombre pair de doigts (bovidés, et suidés), et poids reposant sur les doigts 3 et 4.

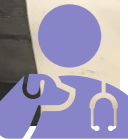


Membre antérieur gauche de bovidé (vu de face).

Les os des doigts II et V sont masqués à l'arrière-plan. (Entre parenthèses : les noms des os de membre postérieur).



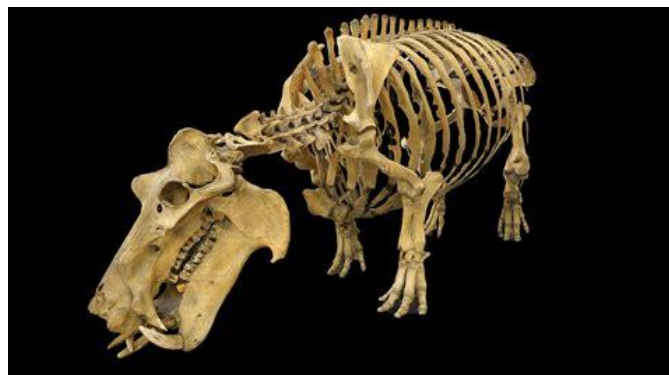
Polydactylie du cheval musée Fragonard S. Dalaine
 ATTENTION: le cheval est un Périssodactyle (nombre impair de doigts dont le 3^e doigt est le plus développé)



Extrémité du membre antérieur de la Vache (D'après Peycru et al. 2013 et Segarra et al. 2014)



Artiodactyle



hippopotame



taureau



dromadaire



verrat



Périssodactyle



rhinocéros



cheval



tapir

PLAN DU COURS

III. Les fonctions de relation permettent de percevoir l'environnement et de réagir

A. La vache réalise des interactions inter- et intraspécifiques

1. La vache est un animal grégaire qui réalise des interactions au sein du troupeau
2. La vache réalise des interactions interspécifiques
3. Bilan : ces interactions ont permis la domestication
4. la vache perçoit son environnement et répond aux différents stimuli

B. Le squelette articulé et la musculature permettent les déplacements de l'organisme

1. squelette axial vs squelette appendiculaire
2. l'articulation autorise le mouvement de deux pièces squelettiques
3. Le mouvement est assuré par les muscles antagonistes
4. Le système nerveux central assure l'intégration des informations sensorielles et élabore une réponse

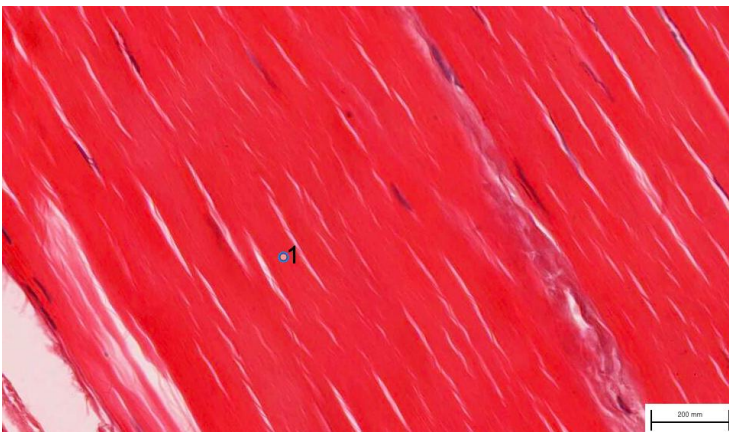
C. Le tégument assure une protection (thermique et contre les pathogènes)

1. structure du tégument de la vache
2. les rôles du tégument de la vache (et des muqueuses)
3. Le tégument participe à la thermorégulation (cf 1ère ES)
4. les phanères de la vache

2. L'articulation autorise le mouvement de deux pièces squelettiques

■ Articulation = jonction entre deux os

- entourée par **capsule articulaire** contenant un **liquide articulaire** → lubrification
- extrémités osseuses = **cartilage** = **conjonctif** différencié avec matrice extracellulaire **riche en protéoglycanes (GAG)** → amortissement (os jamais en contact direct)
- **ligament** = tissu conjonctif dense orienté, constitué de fibres de collagène et élastiques = liaison os-os (ou « nonos ») 😊
- **tendon** = tissu conjonctif dense orienté semblable à un ligament = liaison muscle-os



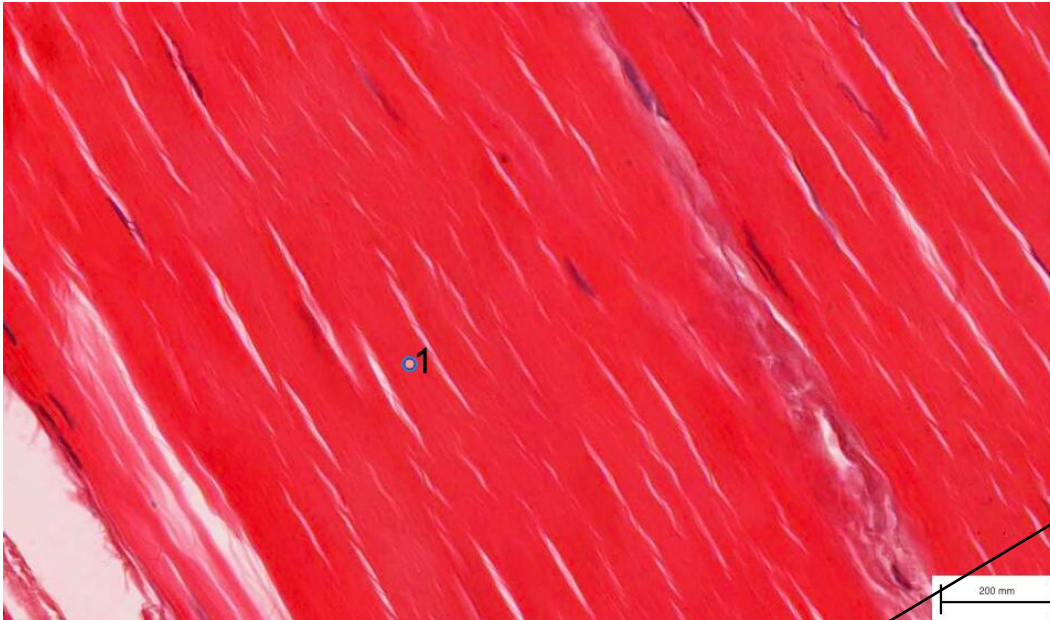
Tendon: tissu conjonctif dense orienté (MO HE)

Je suis sans articulation, c'est triste.

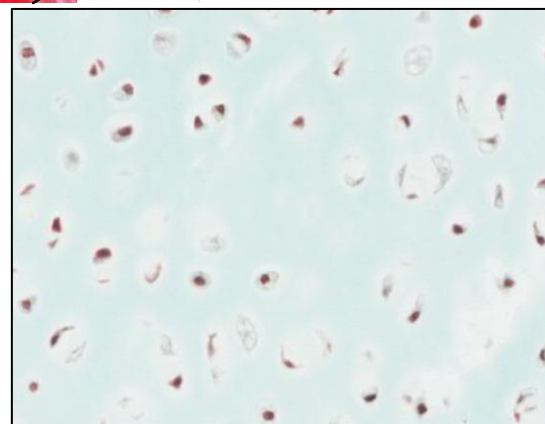
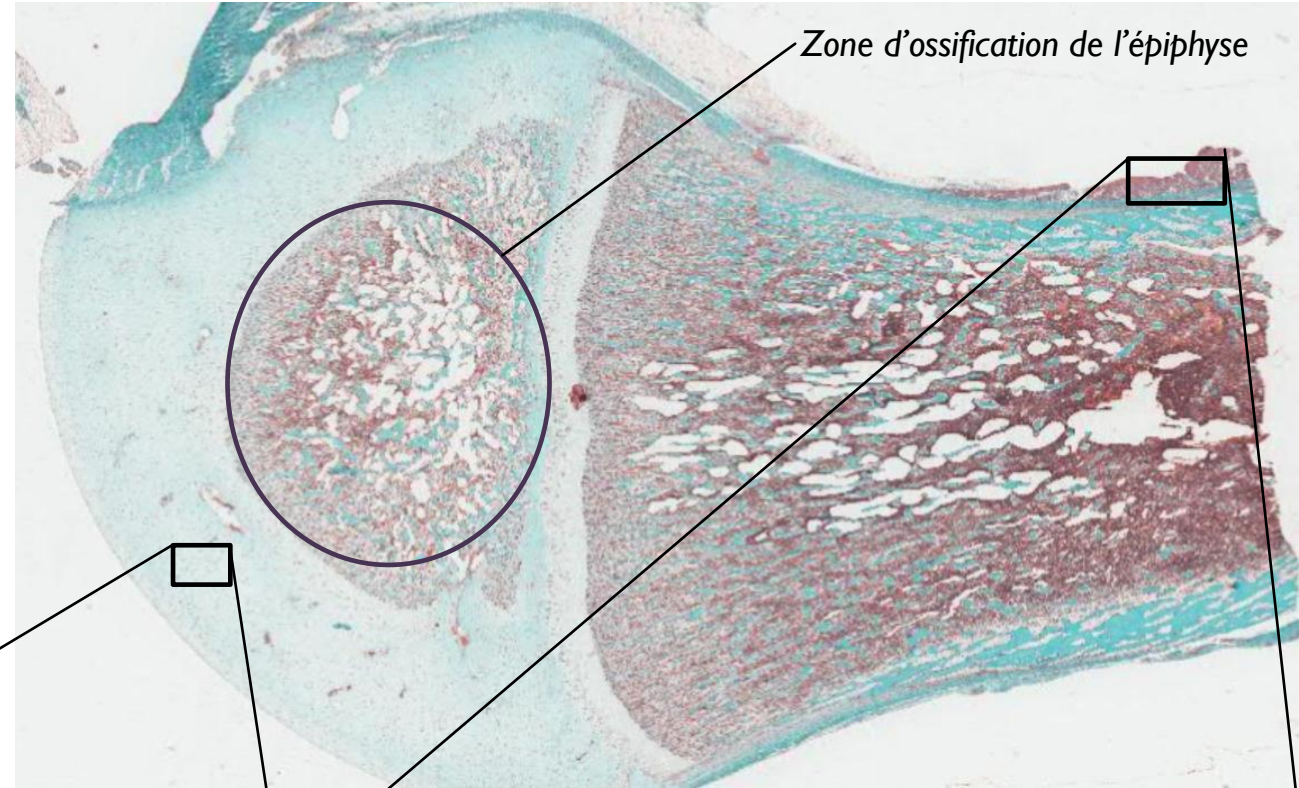


Schéma simplifié d'une articulation

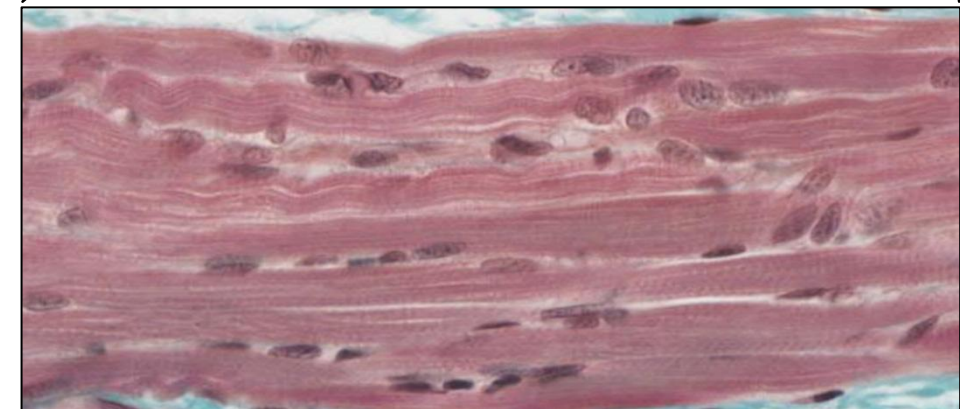
Le point sur les tissus articulaires



Tendon: tissu conjonctif dense orienté (MO HE)



Tissu cartilagineux hyalin



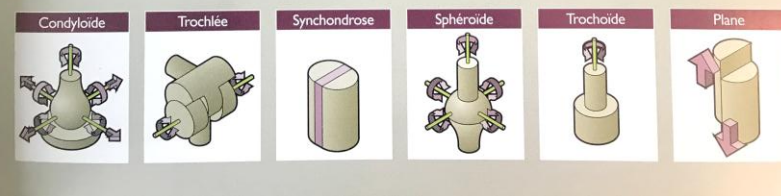
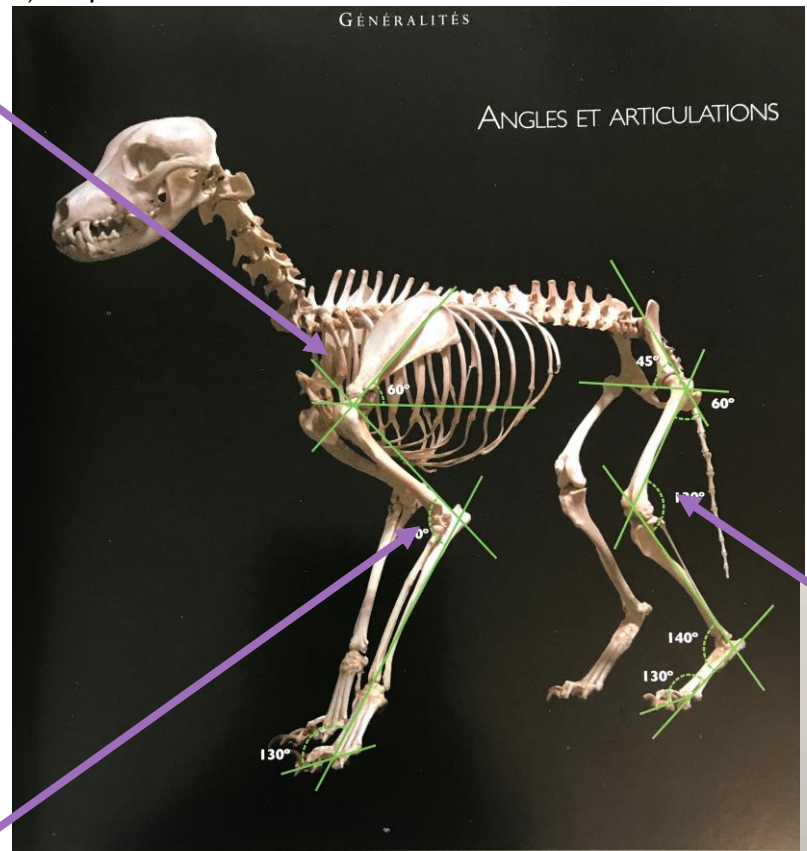
Tissu musculaire strié squelettique

<https://www.histology.be>

2. L'articulation autorise le mouvement de deux pièces squelettiques



Articulation scapula-bras (humérus) = épaule



Plusieurs types d'articulations



ARTICULATION DU COUDE

ARTICULATIONS
Trois os sont en contact dans la région du coude :

- La partie distale de l'humérus.
- La partie proximale du radius.
- La partie proximale de l'ulna.

On y trouve diverses articulations qui sont en contact les unes avec les autres.

Huméro-ulnaire
Entre la trochlée de l'humérus et l'incisure trochléaire de l'ulna.

Huméro-radiale
Entre la trochlée de l'humérus et la tête du radius.

Radio-ulnaire proximale
Entre la tête du radius et l'incisure radiale de l'ulna, sous l'olecrane.

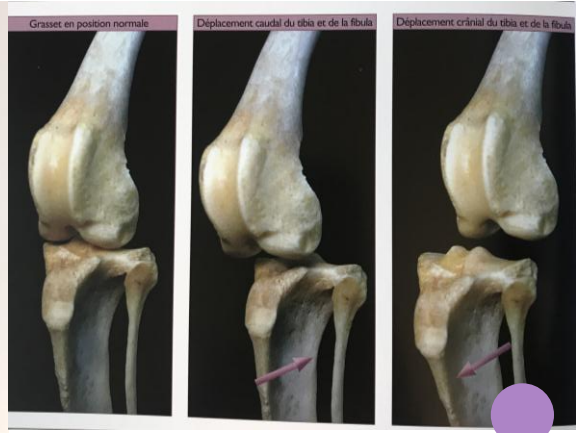
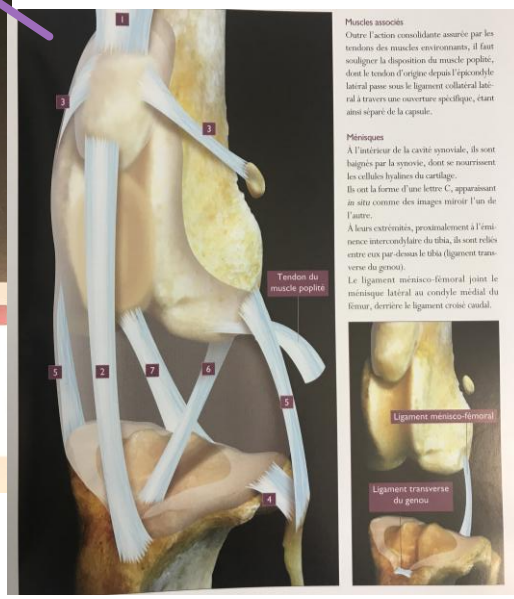
TYPES D'ARTICULATION
Toutes les articulations mentionnées sont synoviales, avec une communication entre leurs cavités articulaires.

Trochlée

Trochoïde

Articulation du coude

Humérus, Radius, Ulna



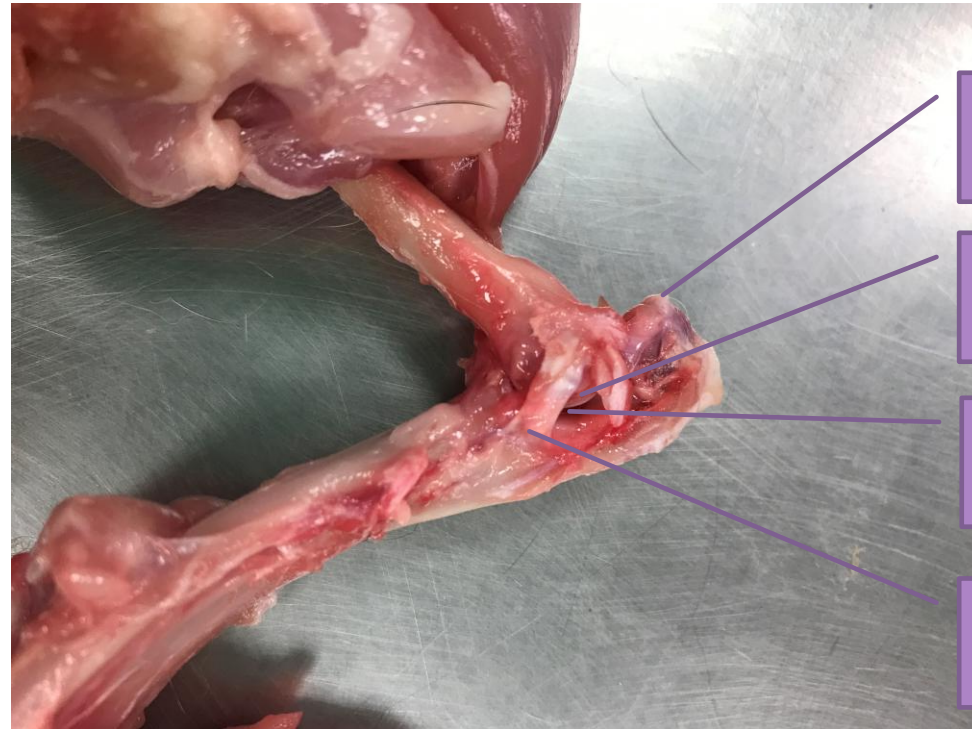
Rupture des ligaments croisés et test du tiroir



Membre thoracique droit, articulation du coude, vue latérale et médiale



Vue latérale



Vue médiale

olécrane

condyle

Cavité
glénoïdale

ligament

2. L'articulation autorise le mouvement de deux pièces squelettiques

- Identifier tendon, cartilage, muscle strié squelettique

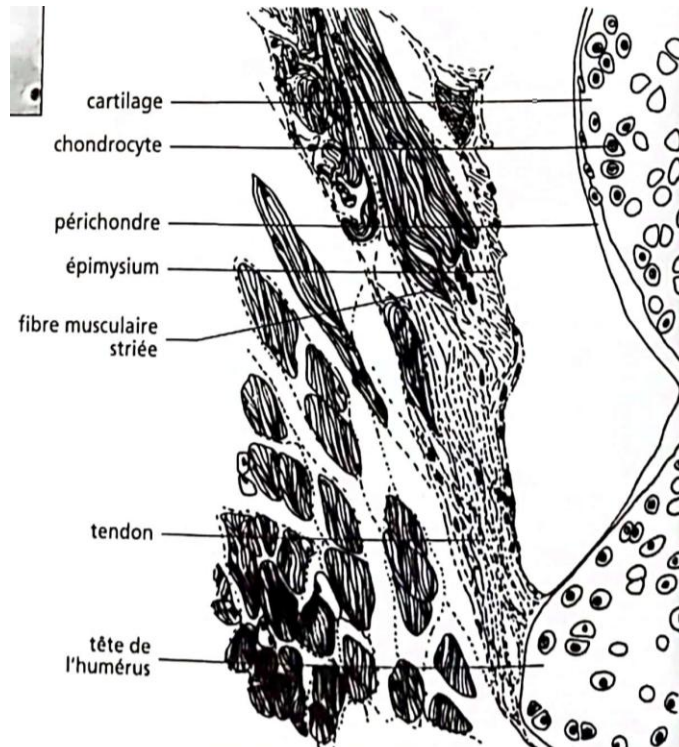


Image et schéma associé d'une insertion musculaire (par un tendon) sur une articulation (Rieutord M, 1999)

Épiphyse (n.f.): extrémité de l'os
Diaphyse: partie allongée de l'os long

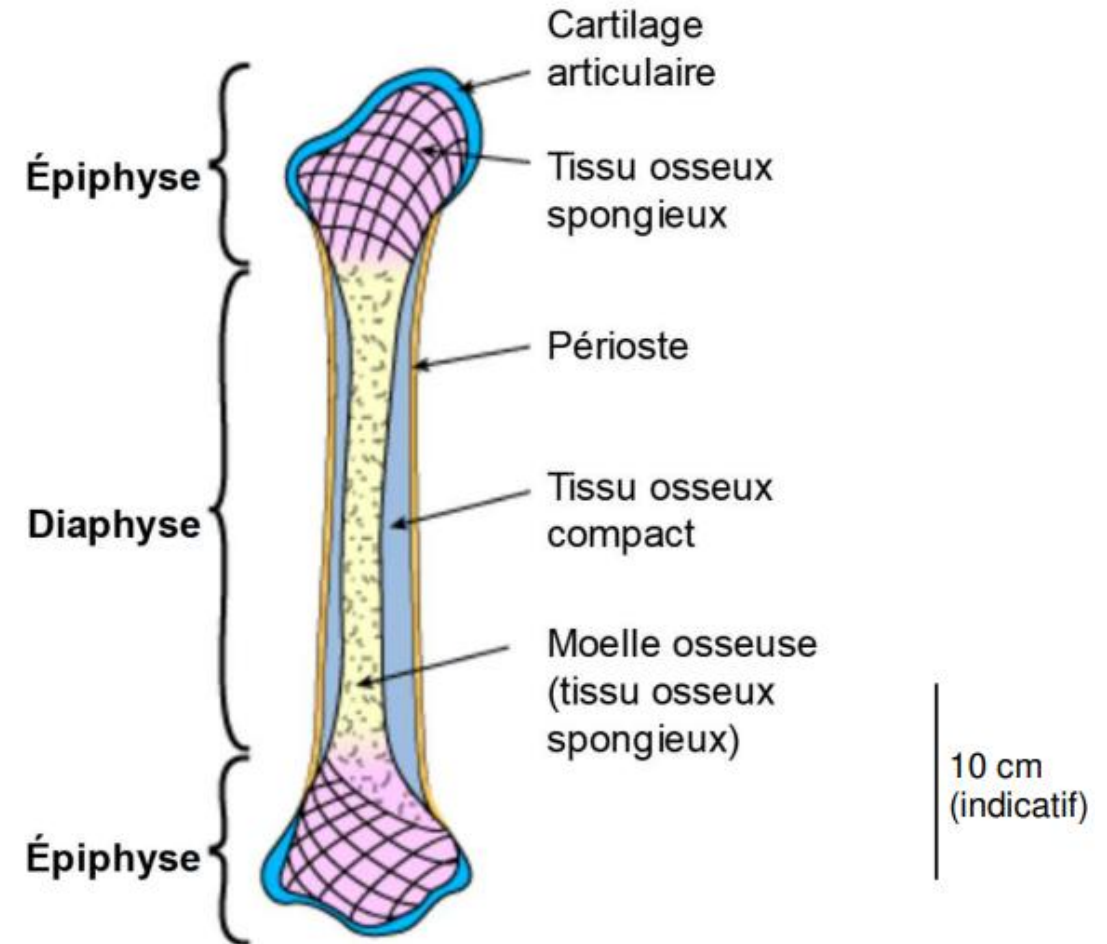


Figure 8 : coupe longitudinale d'un os long: une vision simplifiée (Unisciel, université de Lille)

PLAN DU COURS

III. Les fonctions de relation permettent de percevoir l'environnement et de réagir

A. La vache réalise des interactions inter- et intraspécifiques

1. La vache est un animal grégaire qui réalise des interactions au sein du troupeau
2. La vache réalise des interactions interspécifiques
3. Bilan : ces interactions ont permis la domestication
4. la vache perçoit son environnement et répond aux différents stimuli

B. Le squelette articulé et la musculature permettent les déplacements de l'organisme

1. squelette axial vs squelette appendiculaire
2. l'articulation autorise le mouvement de deux pièces squelettiques
3. Le mouvement est assuré par les muscles antagonistes
4. Le système nerveux central assure l'intégration des informations sensorielles et élabore une réponse

C. Le tégument assure une protection (thermique et contre les pathogènes)

1. structure du tégument de la vache
2. les rôles du tégument de la vache (et des muqueuses)
3. Le tégument participe à la thermorégulation (cf 1ère ES)
4. les phanères de la vache



3. Le mouvement est assuré par les muscles antagonistes

3.1. Le mouvement est assuré par la contraction d'un muscle strié squelettique

- **contraction d'un muscle** = raccourcissement des fibres situées sur une face de l'articulation et rattaché sur l'os opposé
 - ⇒ Changement de l'angle entre 2 segments
 - ⇒ bras de levier
 - ⇒ // relâchement du muscle antagoniste (situé sur la face opposée de cette articulation)
- **Muscle extenseur** → ouverture de l'angle articulaire
- **Muscle fléchisseur** → fermeture de l'angle articulaire

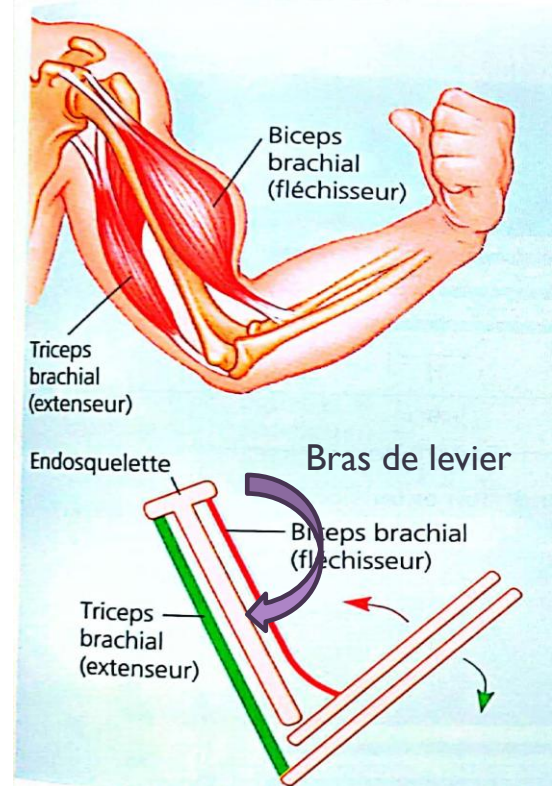
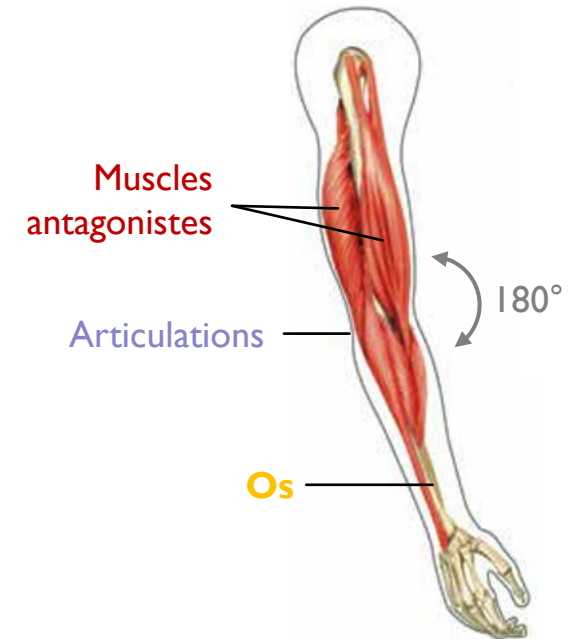


Figure 9 : Schéma fonctionnel des muscles antagonistes du bras chez l'homme (Silverthorn D, 2007)

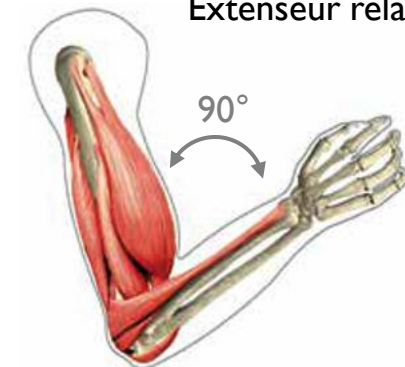
Extension

Fléchisseur relâché
Extenseur contracté



Flexion

Fléchisseur contracté
Extenseur relâché



B. LE SQUELETTE ARTICULÉ ET LA MUSCULATURE PERMETTENT LES DÉPLACEMENTS DE L'ORGANISME

3. Le mouvement est assuré par les muscles antagonistes

3.2. La vache possède des membres chiridiens adaptés aux mouvements pendulaires

- **Tétrapode** → deux membres antérieurs (thoraciques) et deux membres postérieurs (pelviens) rattachés au tronc et la colonne vertébrale par des parties fixes appelées **ceintures**

- **Ceinture scapulaire: sans clavicule**
- **Ceinture pelvienne = bassin = ilion + ischion + pubis**

- Membre chiridien: stylo-, zeugo-, autopode

- **Autopode: locomotion sur l'ongle transformé en sabot**

⇒ **onguligrade : sabot = phanère**

- deux doigts centraux (III et IV) (nombre pair) → **Cétartiodactyle** (comme la girafe, le chameau, la baleine)

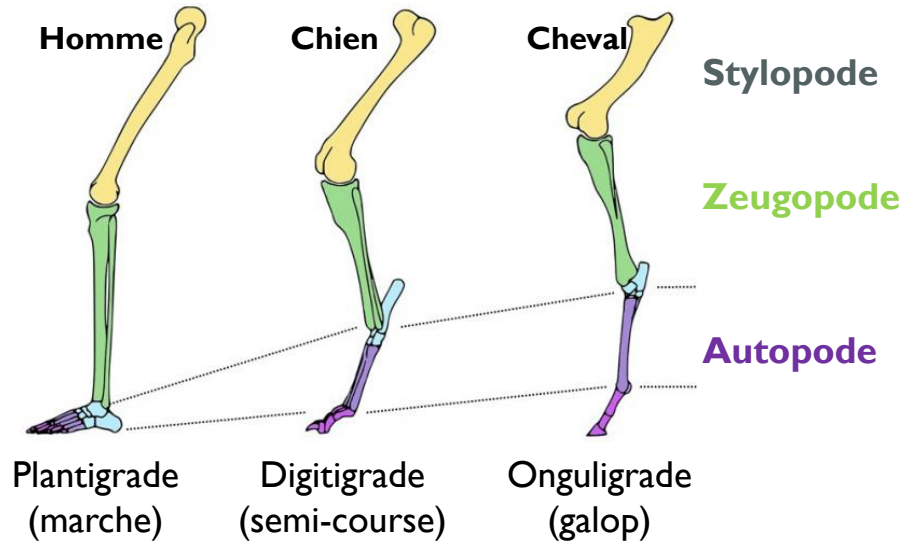
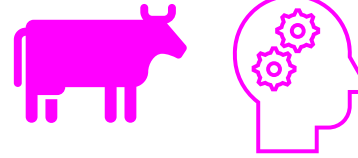
⇒ ↘ surface **d'appui au sol**

⇒ adaptation à une locomotion rapide (tout est relatif ...)

- aucune rotation des membres au niveau de l'épaule du coude et du grasset

⇒ fonction de soutien

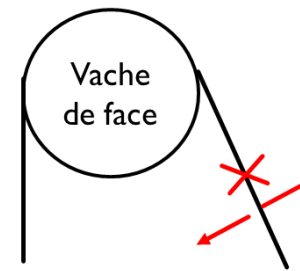
⇒ aucune préhension, uniquement rôle de soutien (membre thoracique) et de propulsion (membre pelvien)



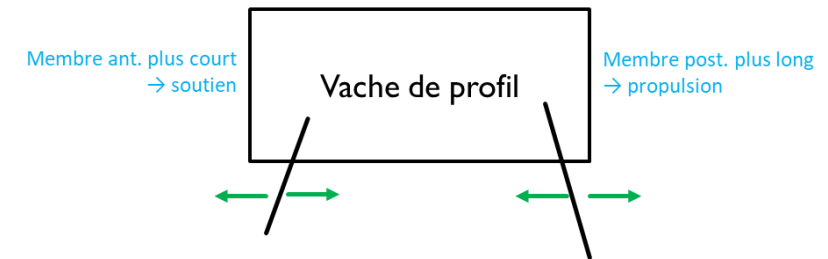
Adaptation du membre chiridien et modes de locomotion en milieu terrestre



Fibula/ulna réduits
Carpis/tarsiens peu mobiles
→ mouvements rotatoires du membre impossibles



Pas de clavicule
Forme du bassin
→ soulèvement du membre impossible



→ seuls les mouvements longitudinaux sont possibles (permettant la marche ou la course)
Fusion des métacarpes III et IV en un os → faible surface au sol
→ Adaptation à la course

Figure 10 : locomotion de la vache : les bases de la mobilité des membres (D'après Tangüy Jean)

B. LE SQUELETTE ARTICULÉ ET LA MUSCULATURE PERMETTENT LES DÉPLACEMENTS DE L'ORGANISME

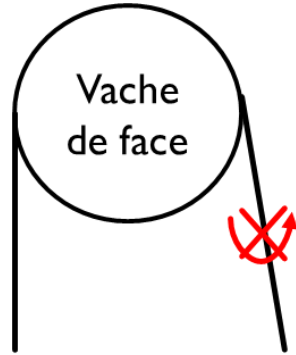
3. Le mouvement est assuré par les muscles antagonistes

3.2. La vache possède des membres chiridiens adaptés aux mouvements pendulaires

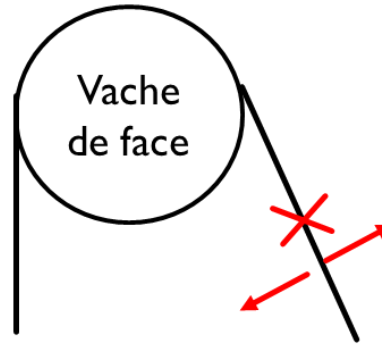


Ulna réduite

Fibula réduite

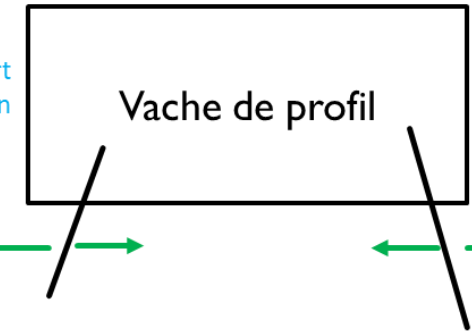


Fibula/ulna réduits
Carpis/tarsiens peu mobiles
→ mouvements rotatoires du membre impossibles



Pas de clavicule
Forme du bassin
→ soulèvement du membre impossible

Membre ant. plus court
→ soutien

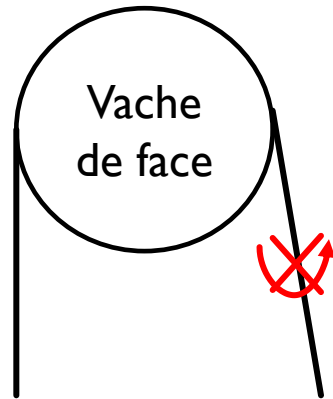


Membre post. plus long
→ propulsion

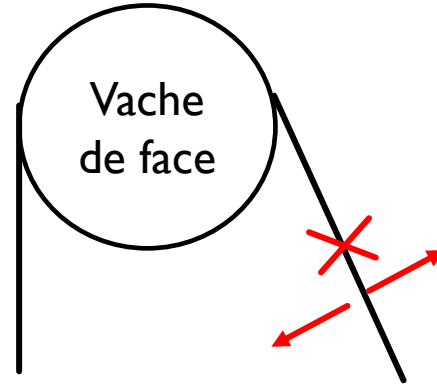
→ seuls les mouvements longitudinaux sont possibles (permettant la marche ou la course)
Fusion des métacarpes III et IV en un os → faible surface au sol
→ Adaptation à la course



Absence de clavicule ⇔ absence de déplacement libre de la scapula

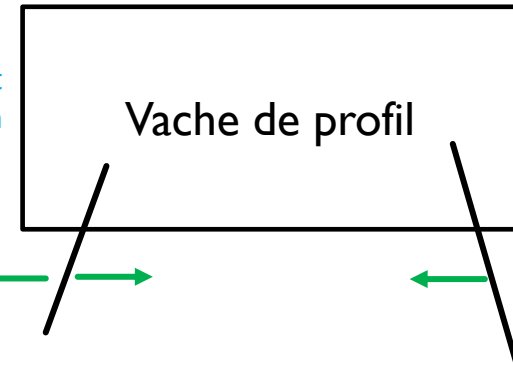


Fibula/ulna réduits
 Carpiens/tarsiens peu mobiles
 → mouvements rotatoires du membre impossibles



Pas de clavicule
 Forme du bassin
 → soulèvement du membre impossible

Membre ant. plus court
 → soutien



Membre post. plus long
 → propulsion

→ seuls les mouvements longitudinaux sont possibles (permettant la marche ou la course)
 Fusion des métacarpes III et IV en un os → faible surface au sol
 → Adaptation à la course

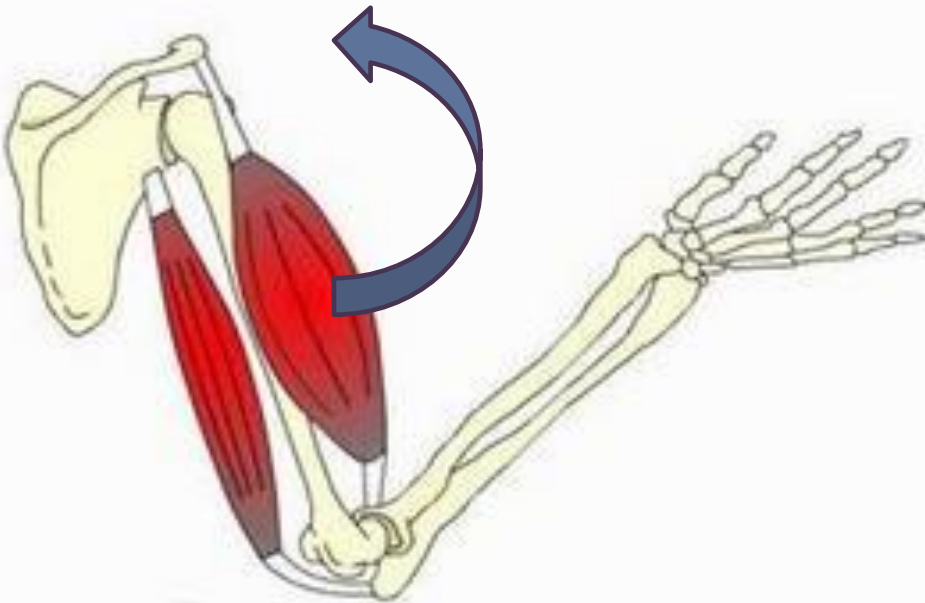
Figure 10 : locomotion de la vache : les bases de la mobilité des membres (D'après Tanguy Jean)

B. LE SQUELETTE ARTICULÉ ET LA MUSCULATURE PERMETTENT LES DÉPLACEMENTS DE L'ORGANISME

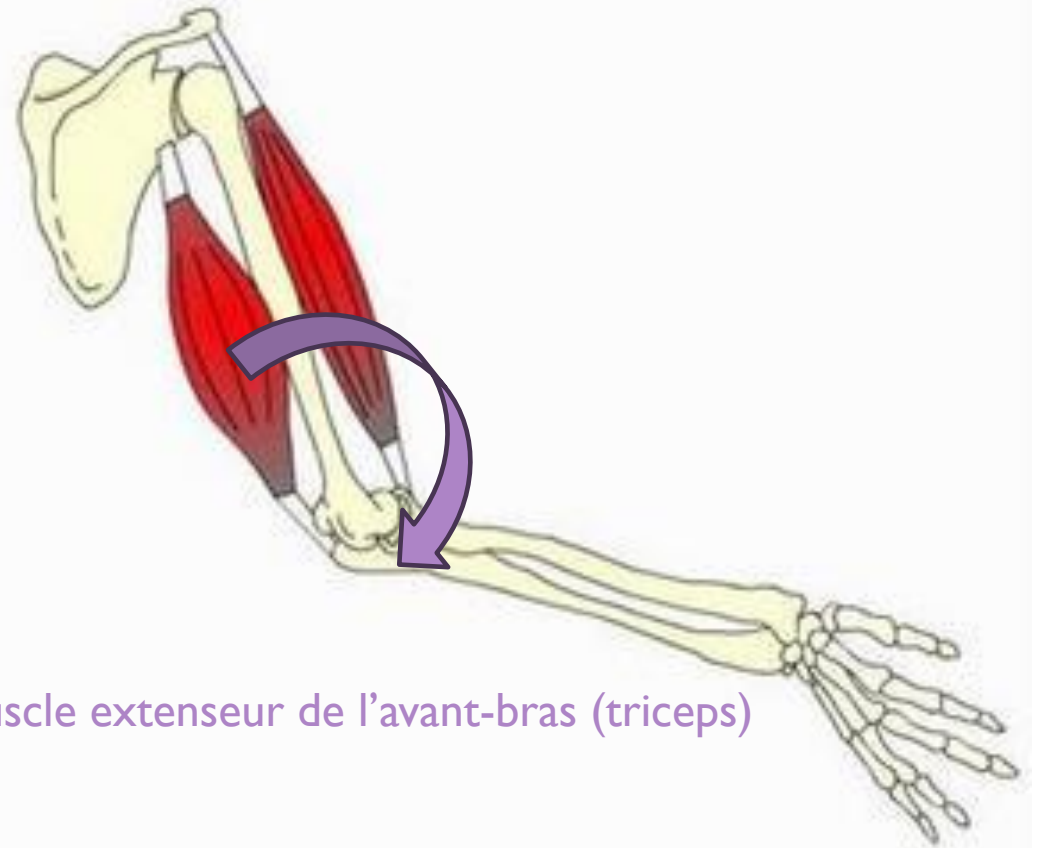
3.3. Les muscles striés squelettiques assurent un mouvement contrôlé



Muscle fléchisseur de l'avant-bras (biceps)



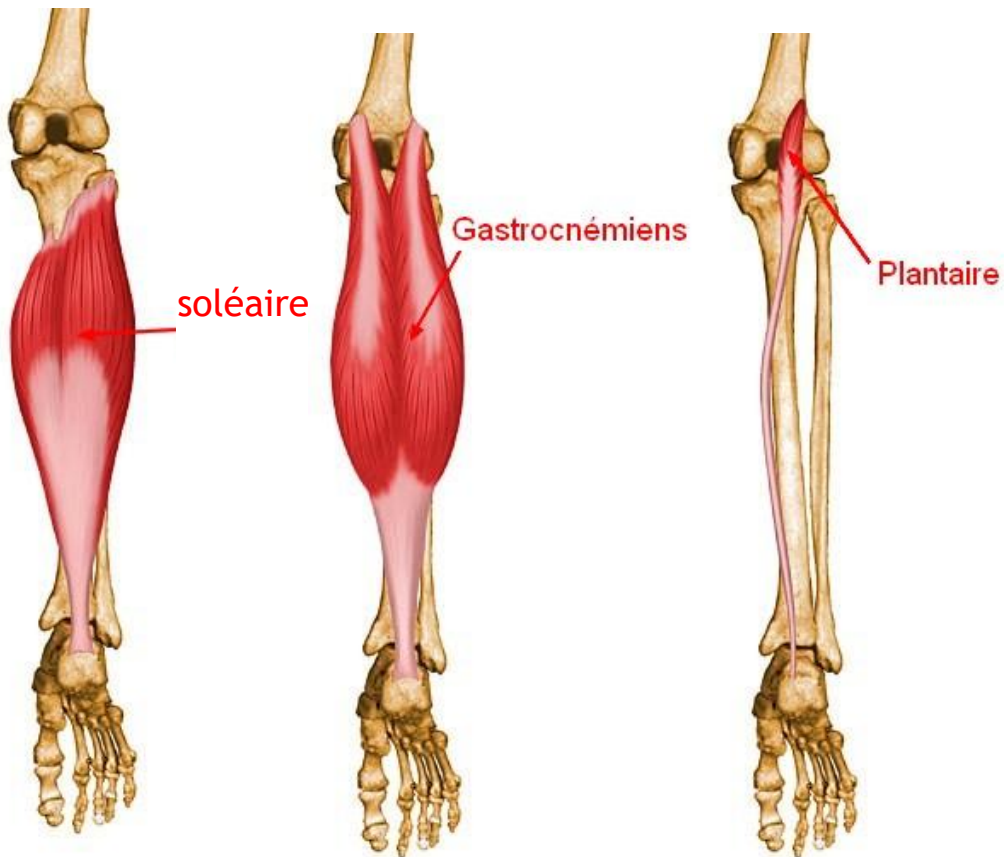
Muscle extenseur de l'avant-bras (triceps)



Anatomie du muscle extenseur du pied, le triceps sural



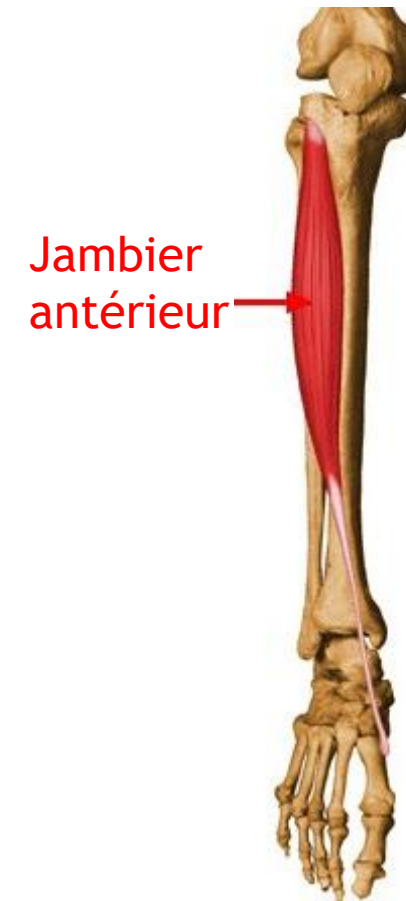
Extension



Anatomie du muscle fléchisseur du pied: le jambier



Flexion



Maquette des deux muscles mis en jeu dans la réaction d'équilibration

Rappels de
Lycée

Position de la jambe en déséquilibre, talon vers le bas

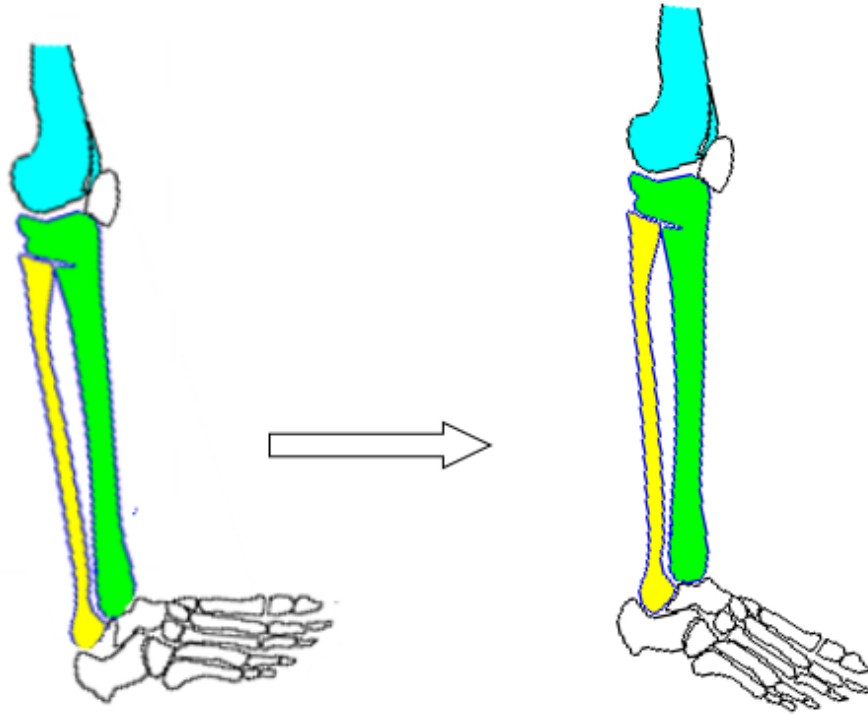


Le soléaire (~mollet) est étiré et détendu (longueur plus grande), le jambier est contracté et raccourci.

Retour à une position d'équilibre



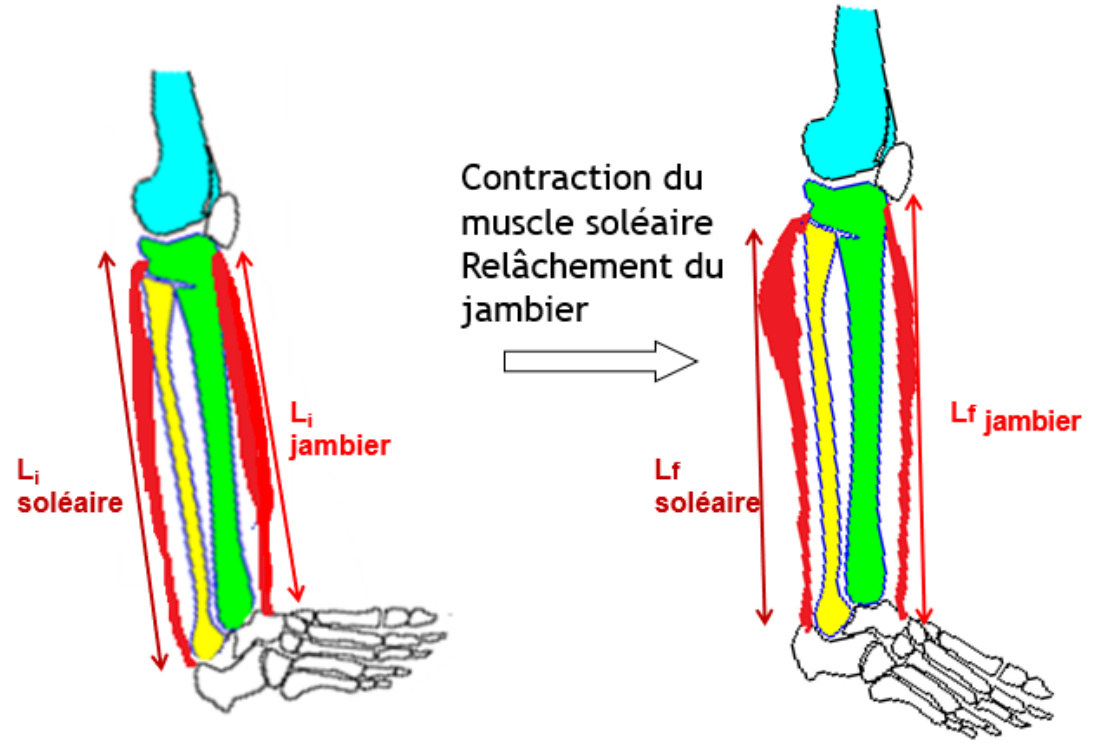
Le soléaire (~mollet) s'est contracté et est donc raccourci (longueur plus courte), le jambier s'est détendu et s'est donc allongé.



Situation de déséquilibre : flexion



Retour à une posture d'équilibre



Contraction du muscle soléaire
Relâchement du jambier

Situation de déséquilibre : flexion

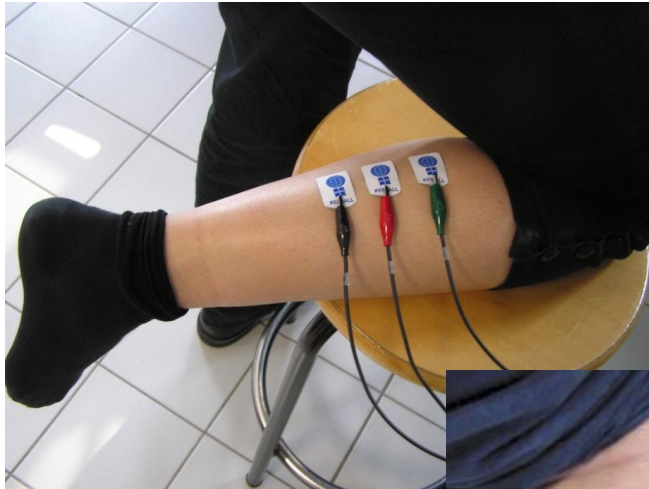
Retour à une posture d'équilibre

$$L_i \text{ soléaire} > L_f \text{ soléaire}$$

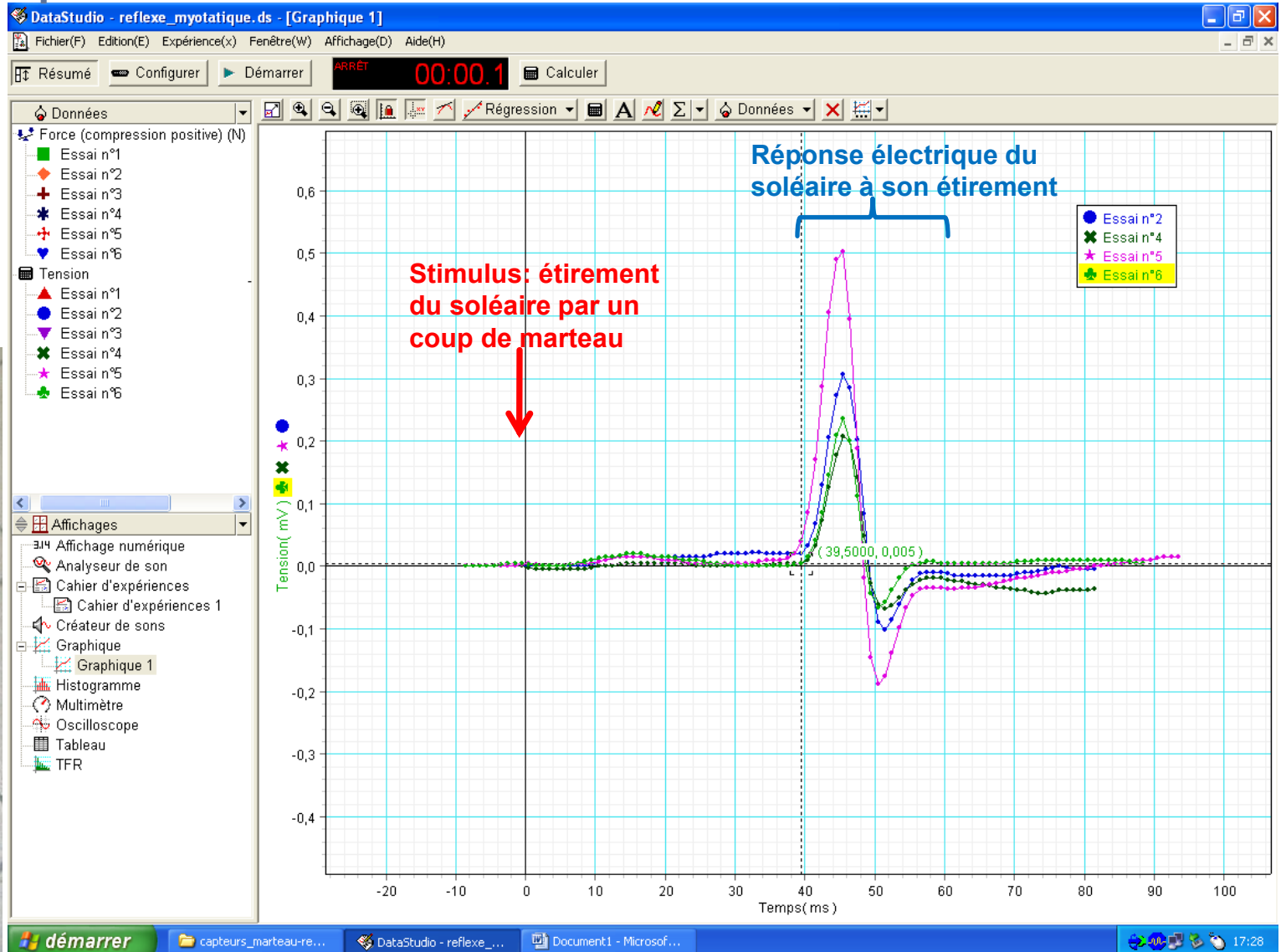
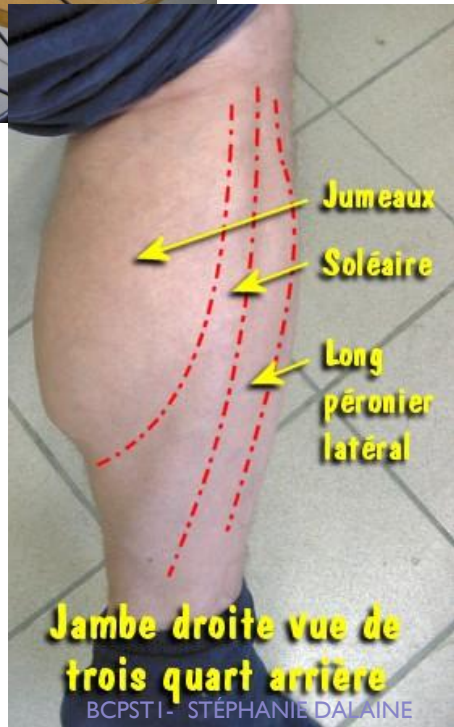
=> Le muscle soléaire s'est contracté suite à son étirement

Comment caractériser l'état contracté d'un muscle?

Enregistrement obtenu dans le cas du réflexe achilléen obtenu par un choc au marteau

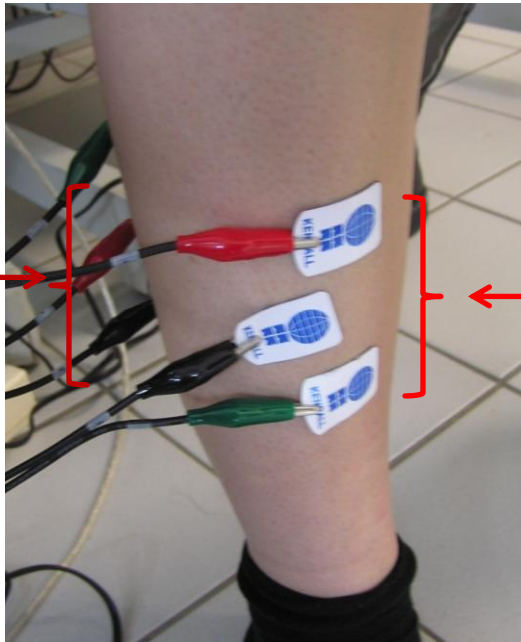


Montage ExAO pour caractériser la contraction d'un muscle

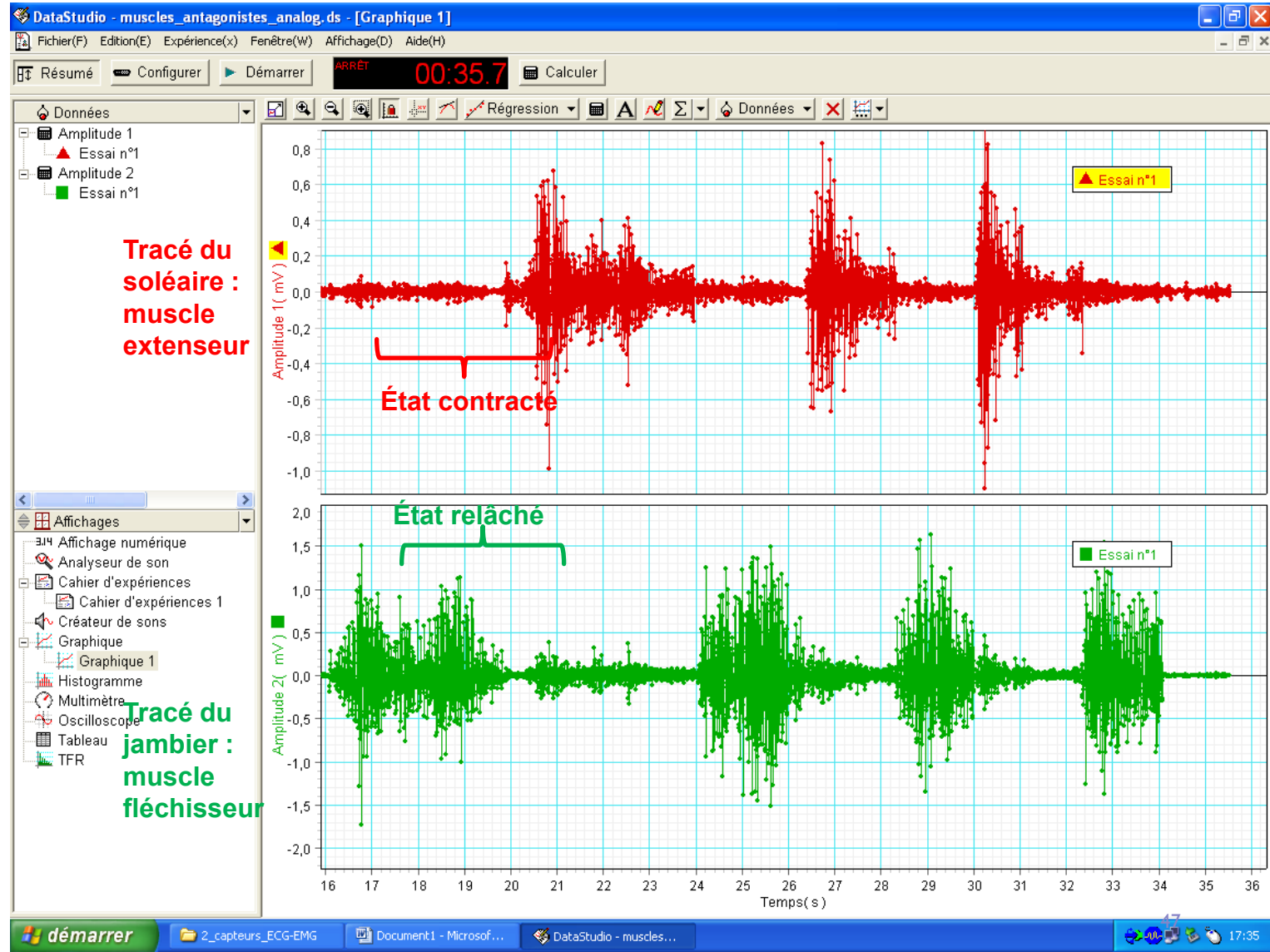


Enregistrement ExAO de l'activité électrique du soléaire et du jambier dans des positions alternatives de flexion et d'extension

Enregistrement de l'activité du soléaire



Enregistrement de l'activité du jambier

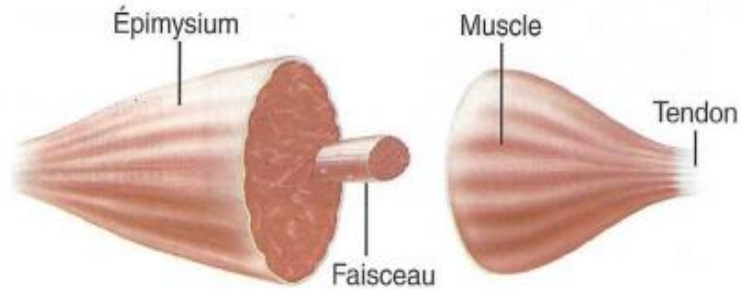


Organisation générale d'un muscle



Schéma

Muscle (organe)



Description

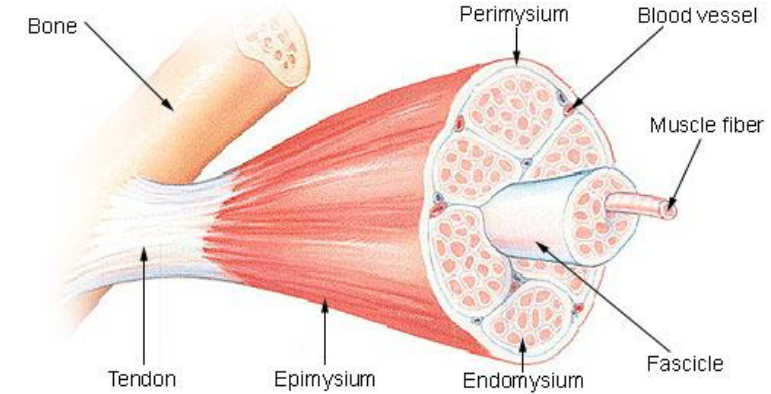
Un muscle est constitué de centaines ou de milliers de cellules musculaires ainsi que de gaines de tissu conjonctif, de vaisseaux sanguins et de neurofibres.

5 cm (*indicatif*)

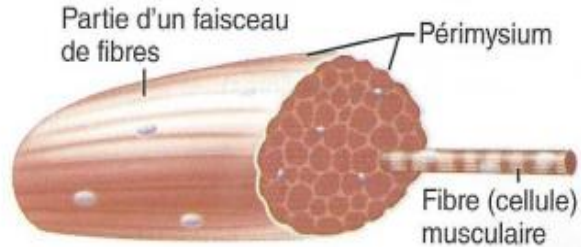
Conjonctif

Recouvert par l'épimysium

Structure of a Skeletal Muscle



Faisceau de fibres (partie du muscle)

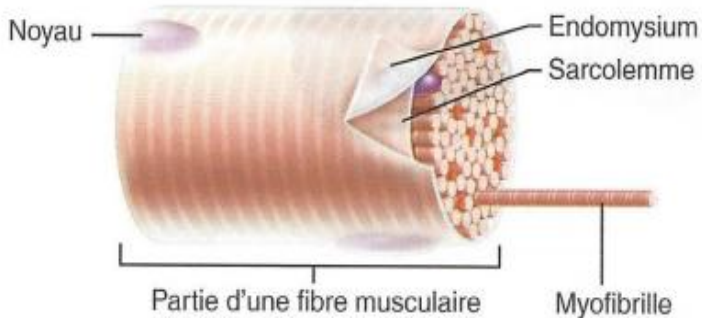


Un faisceau de fibres est un assemblage de cellules musculaires, séparées du reste du muscle par une gaine de tissu conjonctif.

0,5 cm (*indicatif*)

Recouvert par le périmysium

Fibre (cellule) musculaire



Une fibre musculaire est une cellule multinucléée allongée; son apparence est striée.

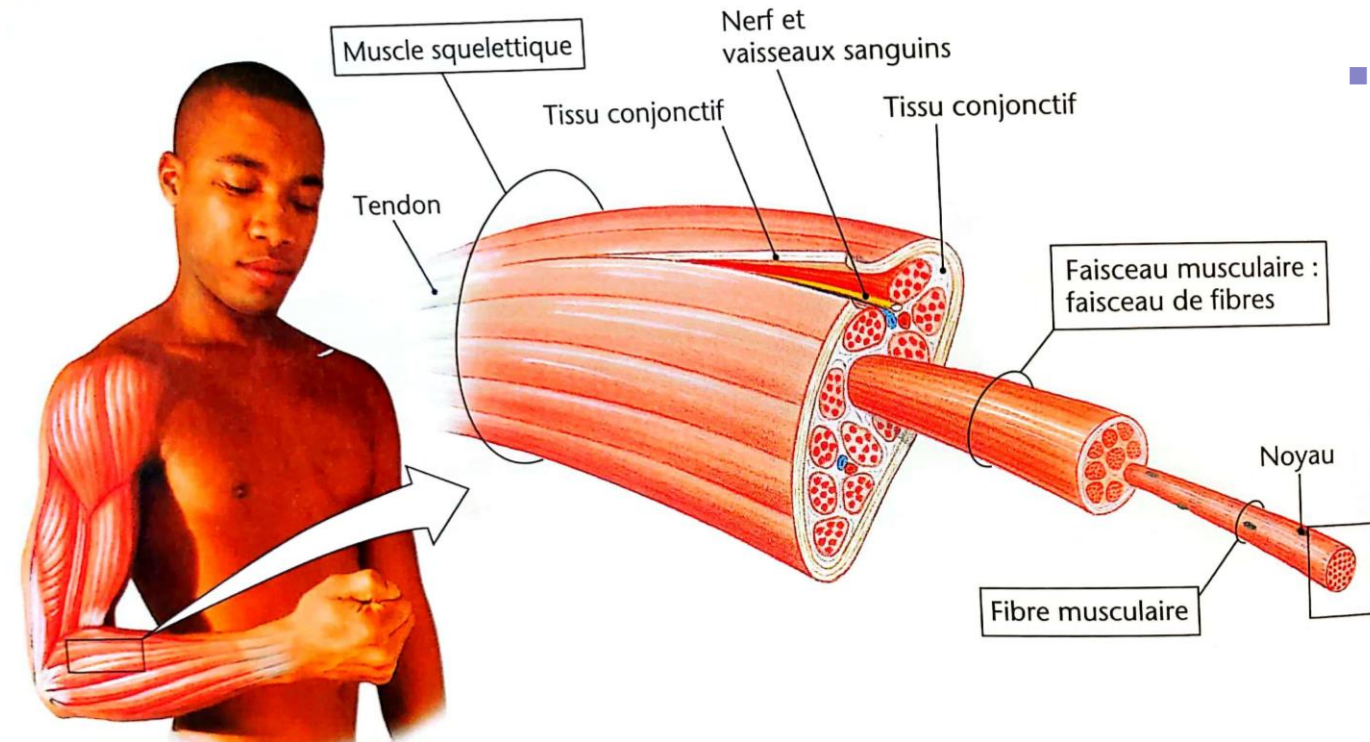
20-100 µm

Recouverte par l'endomysium

Le muscle est un ensemble de faisceaux, composés d'un ensemble de fibres musculaires (d'après Marieb 2015)

B. LE SQUELETTE ARTICULÉ ET LA MUSCULATURE PERMETTENT LES DÉPLACEMENTS DE L'ORGANISME

3.3. Les muscles striés squelettiques assurent un mouvement contrôlé



■ muscles squelettiques

- formés de **fibres musculaires** regroupées en faisceaux
- faisceaux séparés par des cloisons conjonctives (charpente fibreuse dans laquelle sont logés nerfs et vaisseaux sanguins).
- Aux extrémités du muscle: **tendons** fixés aux os
- contraction du muscle fait tourner les os autour d'une articulation, comme des leviers.

B. LE SQUELETTE ARTICULÉ ET LA MUSCULATURE PERMETTENT LES DÉPLACEMENTS DE L'ORGANISME

3.3. Les muscles striés squelettiques assurent un mouvement contrôlé

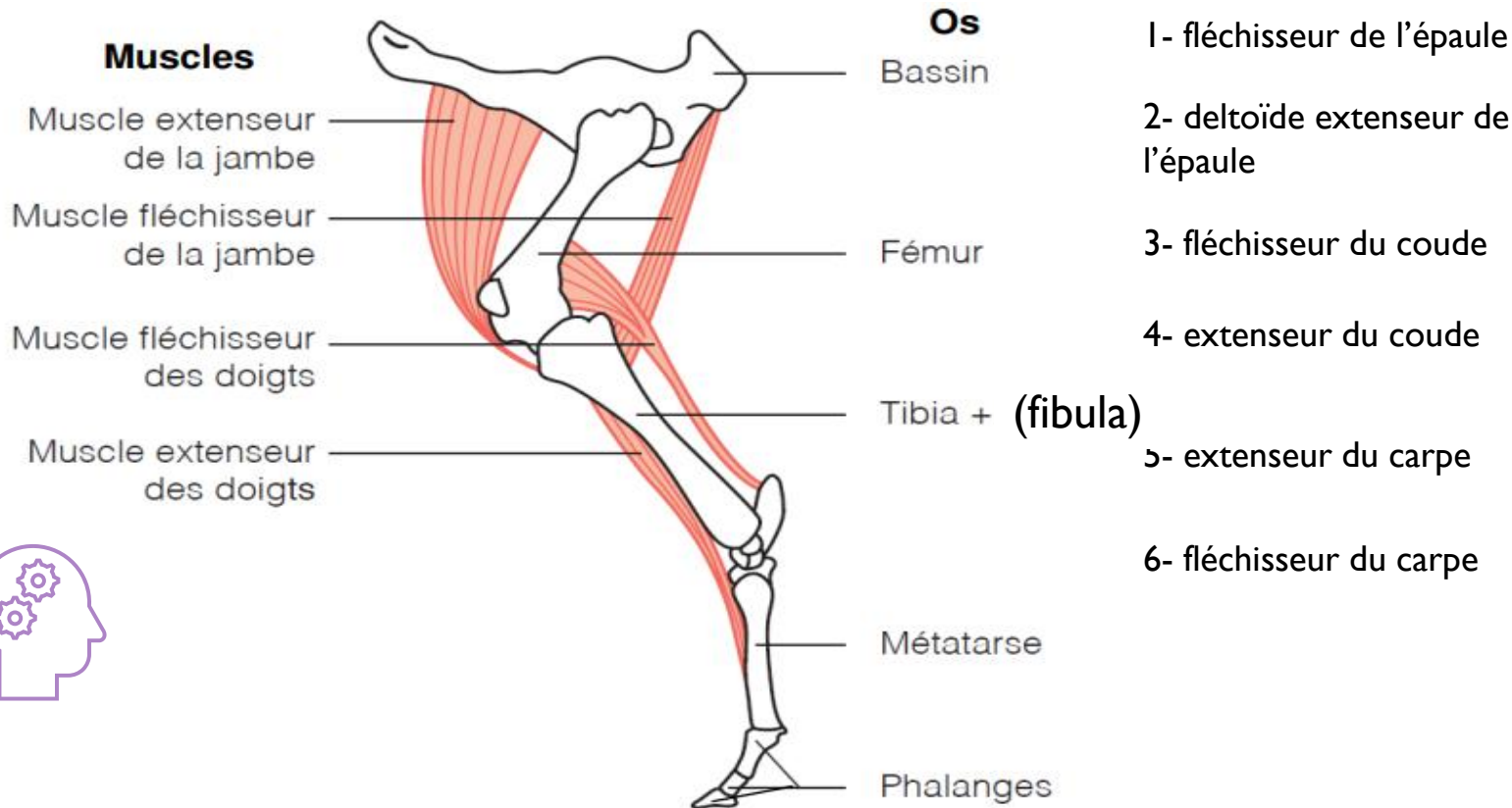
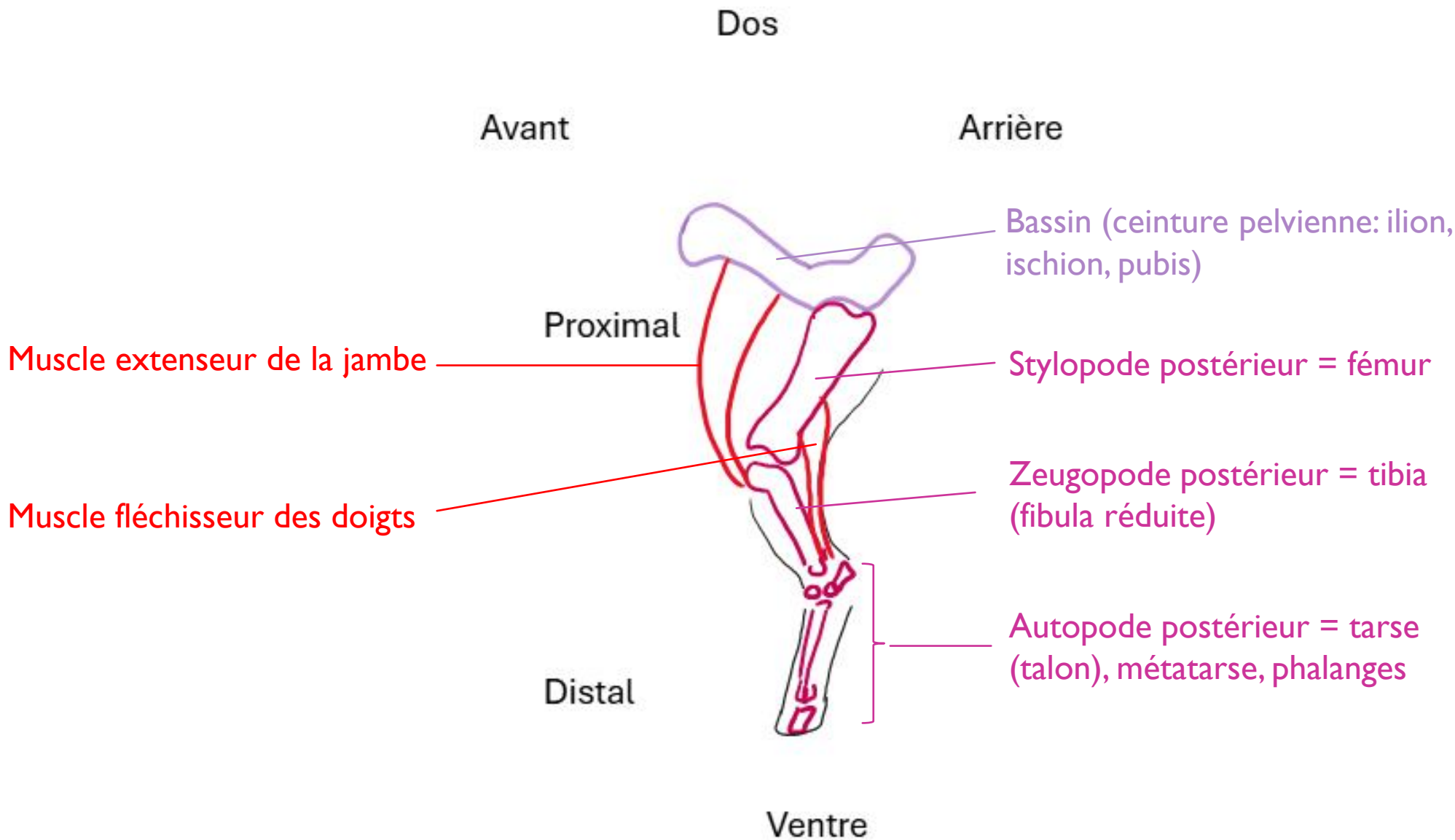


Figure 12 : principaux muscles et os du membre pelvien de la vache (d'après Segarra et al. 2014)





PLAN DU COURS

III. Les fonctions de relation permettent de percevoir l'environnement et de réagir

A. La vache réalise des interactions inter- et intraspécifiques

1. La vache est un animal grégaire qui réalise des interactions au sein du troupeau
2. La vache réalise des interactions interspécifiques
3. Bilan : ces interactions ont permis la domestication
4. la vache perçoit son environnement et répond aux différents stimuli

B. Le squelette articulé et la musculature permettent les déplacements de l'organisme

1. squelette axial vs squelette appendiculaire
2. l'articulation autorise le mouvement de deux pièces squelettiques
3. Le mouvement est assuré par les muscles antagonistes
4. Le système nerveux central assure l'intégration des informations sensorielles et élabore une réponse

C. Le tégument assure une protection (thermique et contre les pathogènes)

1. structure du tégument de la vache
2. les rôles du tégument de la vache (et des muqueuses)
3. Le tégument participe à la thermorégulation (cf 1ère ES)
4. les phanères de la vache

4. Le système nerveux central assure l'intégration des informations sensorielles et élabore une réponse

4.1. Organisation générale du tissu nerveux

- Le système nerveux est divisé en :
 - **système nerveux central (SNC)** composé de l'encéphale et de la moelle spinale (épineière)
 - **système nerveux périphérique (SNP)** composé des ganglions nerveux et des nerfs crâniens et spinaux. Au sein du SNP on distingue :
 - ✓ le **système nerveux somatique** contrôlant les **mouvements volontaires** et les organes des sens
 - ✓ le **système nerveux autonome** (=végétatif) contrôlant les **mouvements involontaires (ortho- et parasymphatique)** (cœur, muscles lisses, muscles striés squelettiques de la cage thoracique par exemple pour la fonction respiratoire)

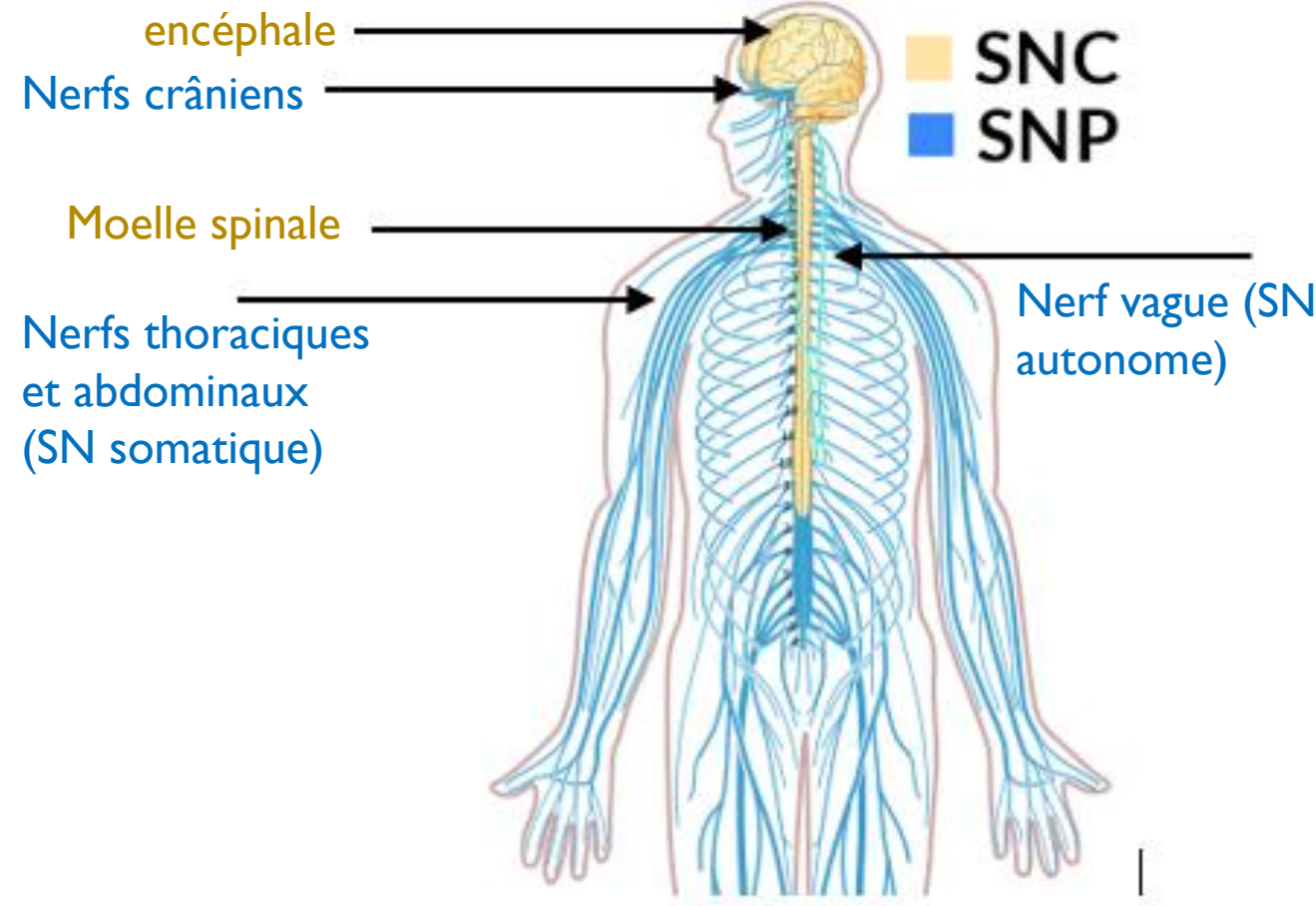


Figure 13 : organisation générale du système nerveux chez l'homme

4. Le système nerveux central assure l'intégration des informations sensorielles et élabore une réponse



4.1. Organisation générale du tissu nerveux

- Les nerfs assurent la **conduction** de **signaux** nerveux.
- On distingue les **nerfs afférents** (organes → SNC) et **efférents** (SNC → organes).
- Les **nerfs** sont constitués de :
 - **axones**
 - **vaisseaux** sanguins
 - tissu **conjonctif**
- ✓ Chaque **axone** (myélinisé ou non) est entouré de tissu conjonctif = l'**endonèvre**.
- ✓ Plusieurs axones sont regroupés en un **fascicule** entouré de tissu conjonctif = le **périnèvre**.
- ✓ Plusieurs fascicules, associés à des vaisseaux sanguins, forment un **nerf** entouré de tissu conjonctif = l'**épinèvre**.

Organisation
du SNP

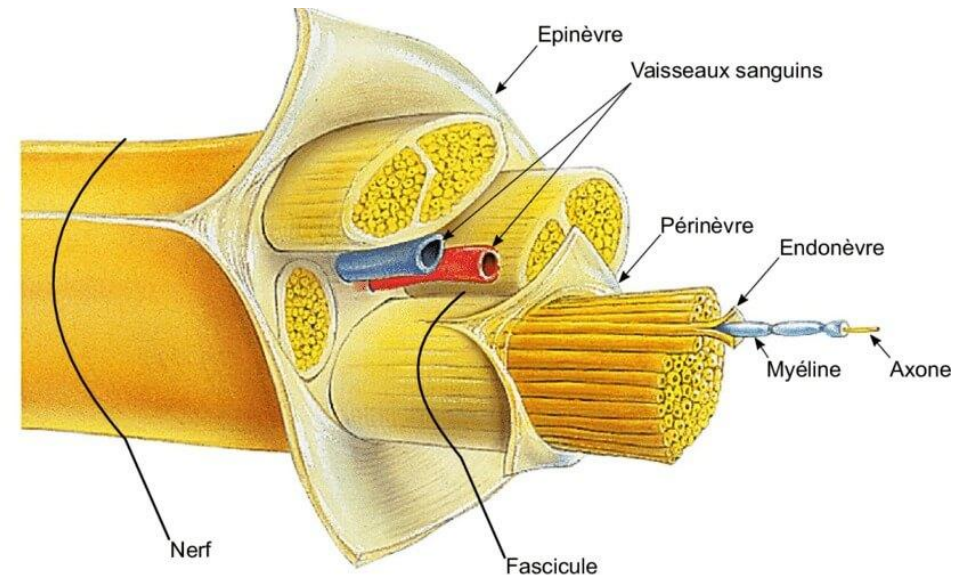
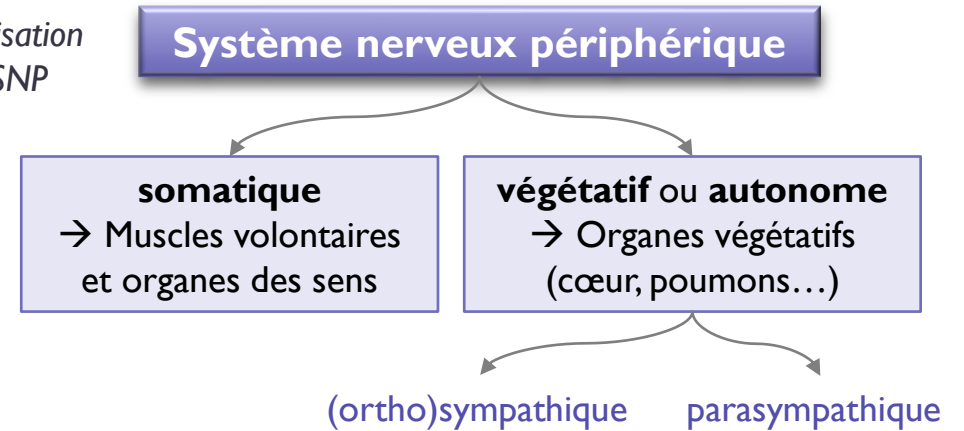
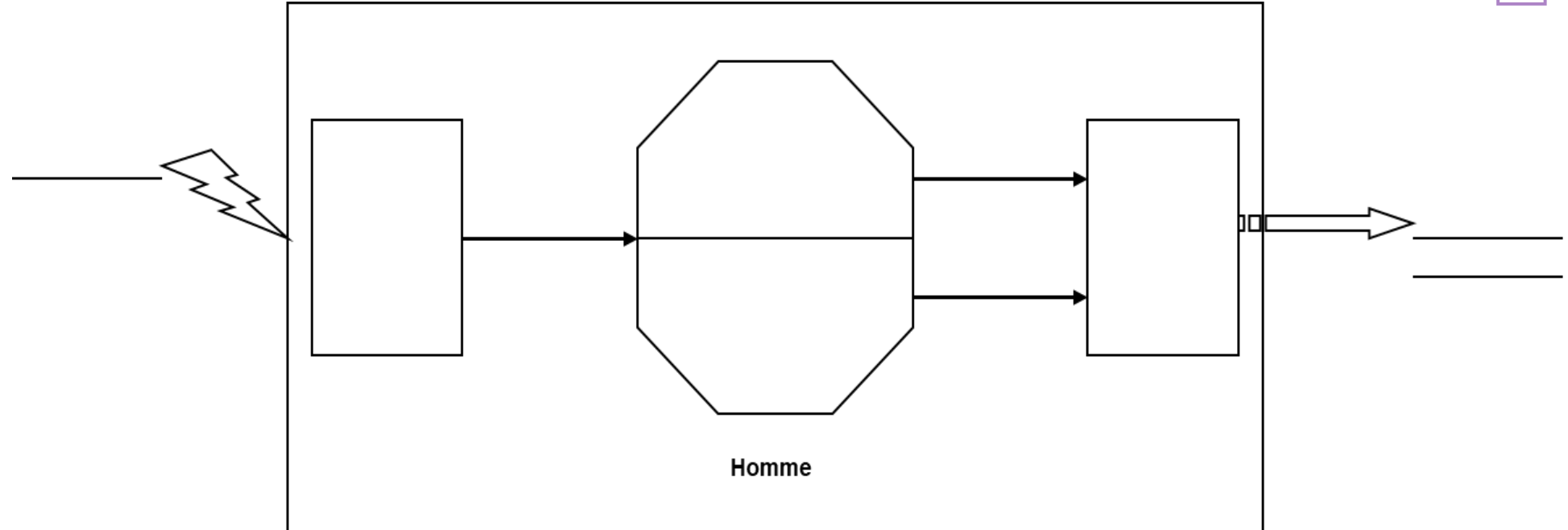


Figure 14: Organisation d'un nerf

4. Le système nerveux central assure l'intégration des informations sensorielles et élabore une réponse

4.2. Rôle du SNC dans la réponse comportementale



Homme

- Encéphale = centre **intégrateur**
- ⇒ **Message nerveux afférent vs efférent**
- ⇒ **Réponse comportementale**

Schéma simplifié de l'implication du système nerveux dans les réponses comportementales

- SNC = commande nerveuse volontaire
- SNP = commande nerveuse involontaire (réflexe cf réflexe myotatique)

4. Le système nerveux central assure l'intégration des informations sensorielles et élabore une réponse

4.2. Rôle du SNC dans la réponse comportementale



- SNC : rôle **intégrateur**
- **Encéphale: contrôle mouvements volontaires**
 - **réponse** comportementale: SN somatique ⇒ commande motrice
- moelle spinale: contrôle mouvements involontaires (**réflexe** cf réflexe myotatique Tale Spé).
 - **réflexe myotatique** : exemple **d'arc réflexe**
 - Contraction d'un muscle en réponse à son propre étirement
 - Impliqué dans le maintien en position verticale

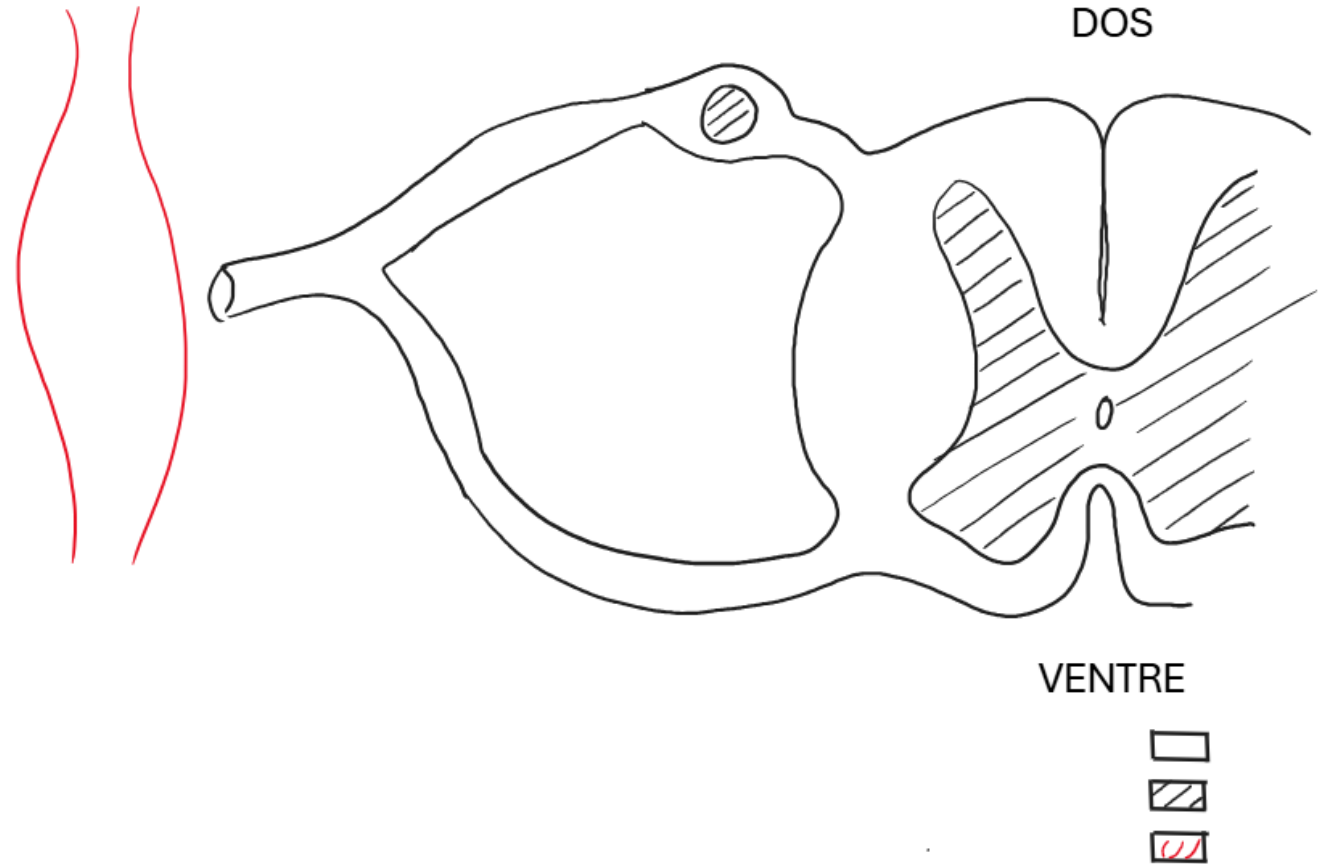
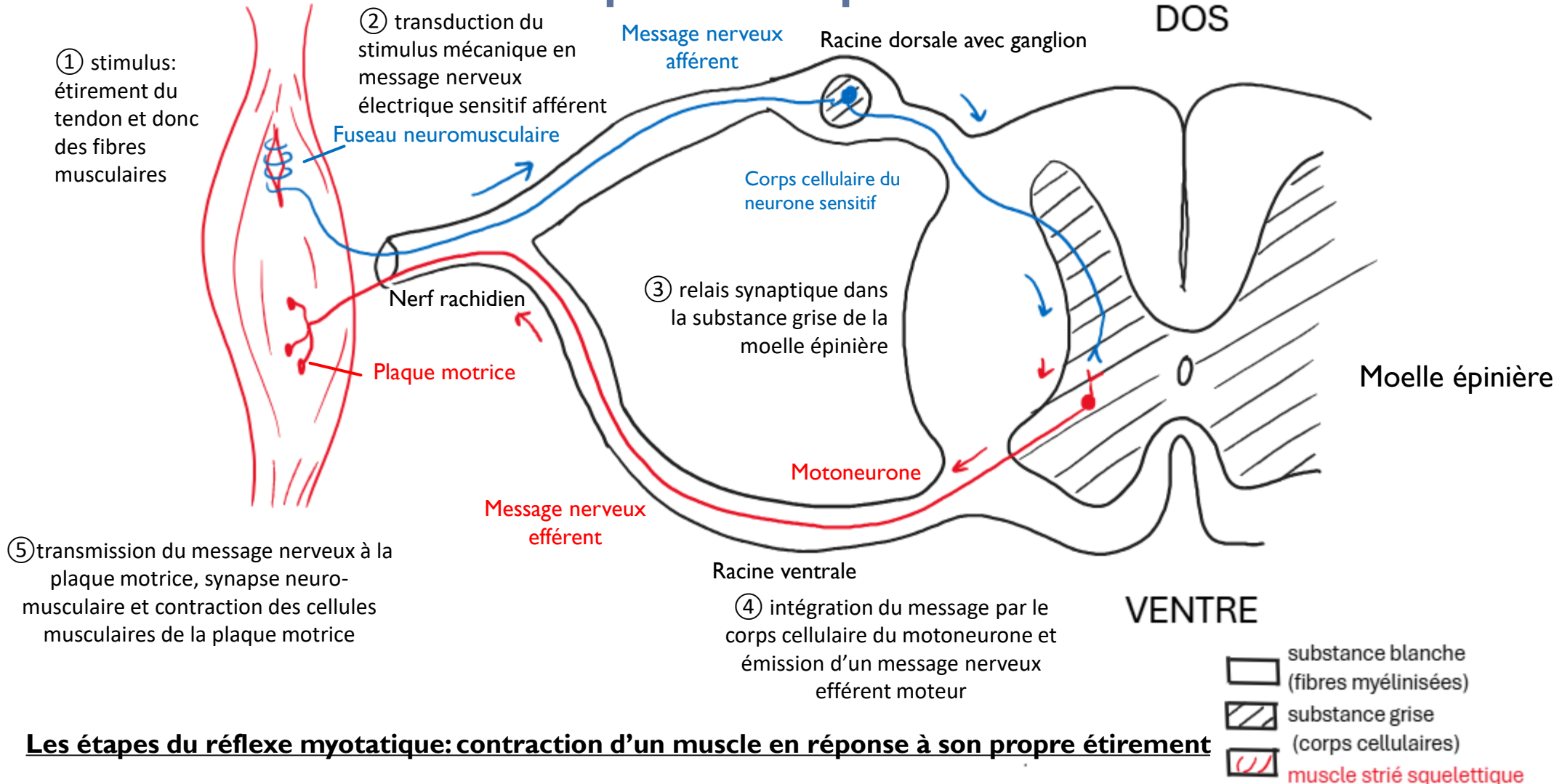
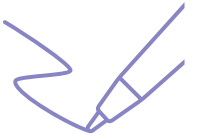


Schéma du circuit nerveux du réflexe myotatique

4. Le système nerveux central assure l'intégration des informations sensorielles et élabore une réponse

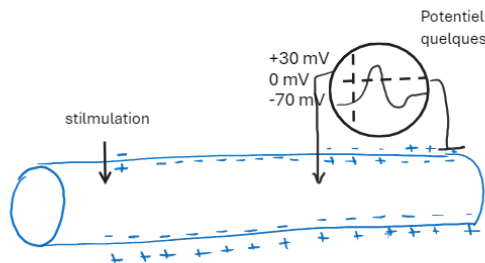
4.2. Rôle du SNC dans la réponse comportementale



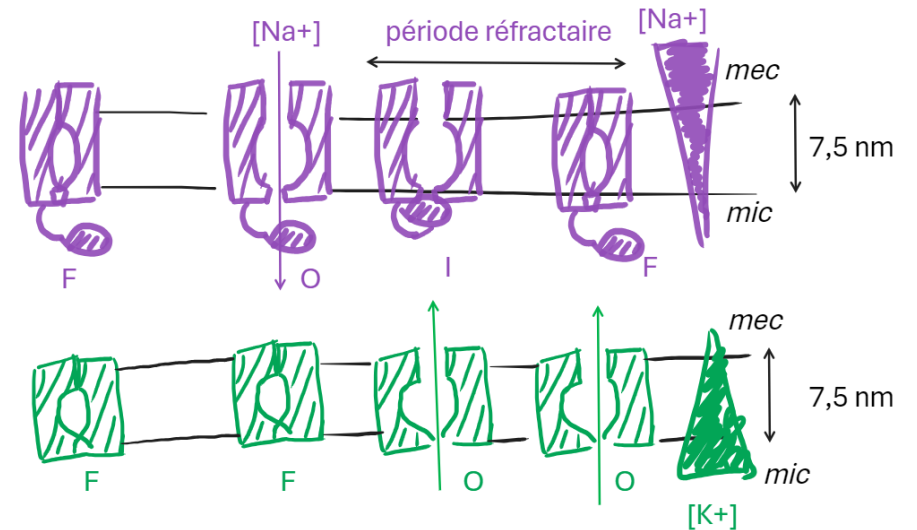
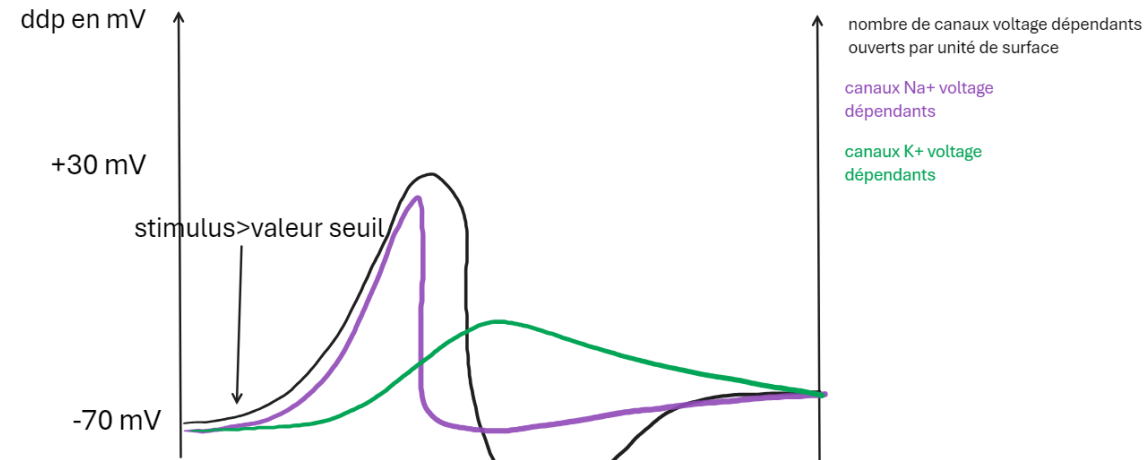
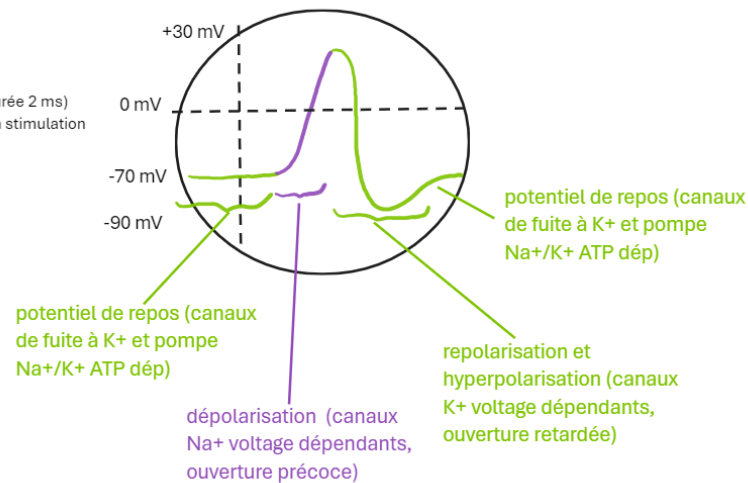
Les étapes du réflexe myotatique: contraction d'un muscle en réponse à son propre étirement

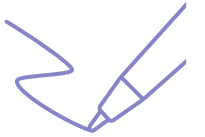
LE MESSAGE NERVEUX ÉLECTRIQUE SE PROPAGE LE LONG DE L'AXONE SOUS FORME DE POTENTIEL D'ACTION

axone géant de Calmar

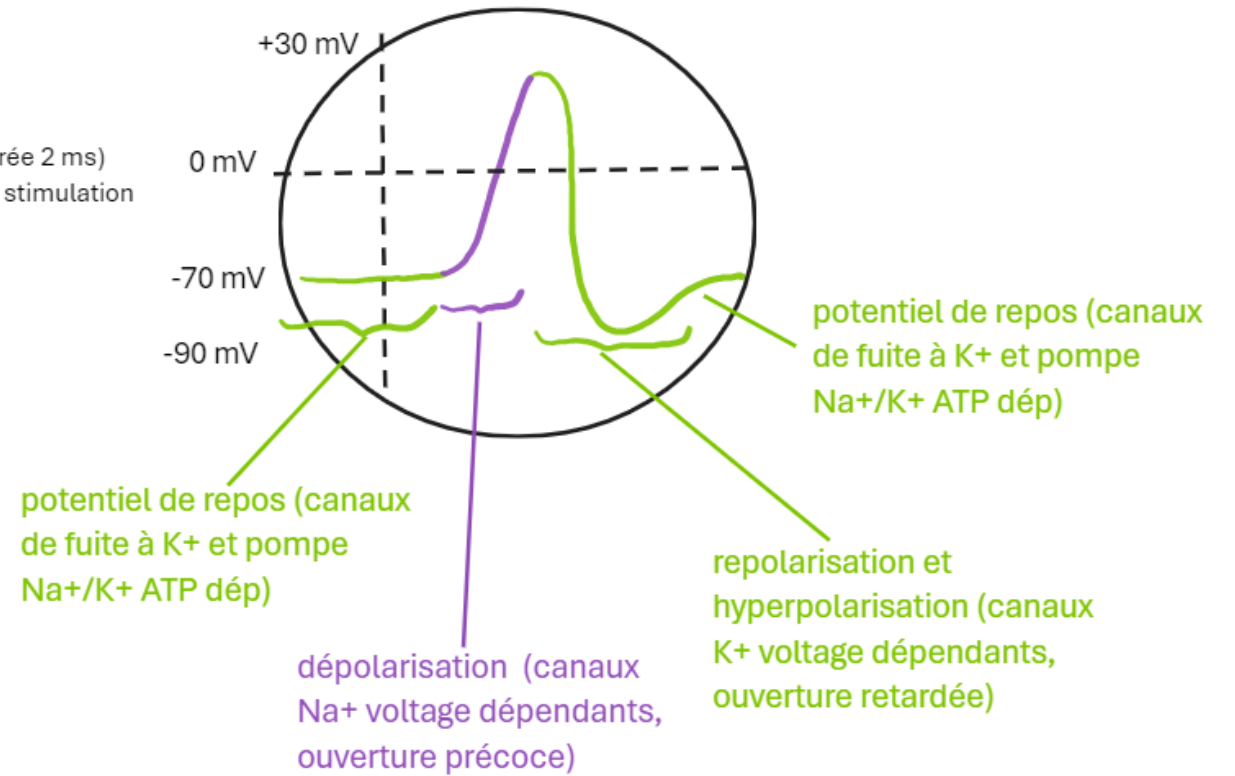
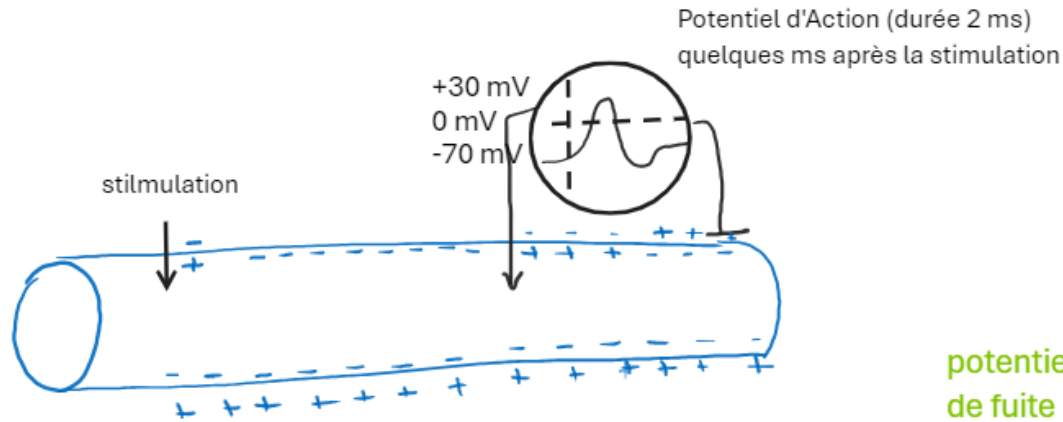


Potentiel d'Action (durée 2 ms) quelques ms après la stimulation

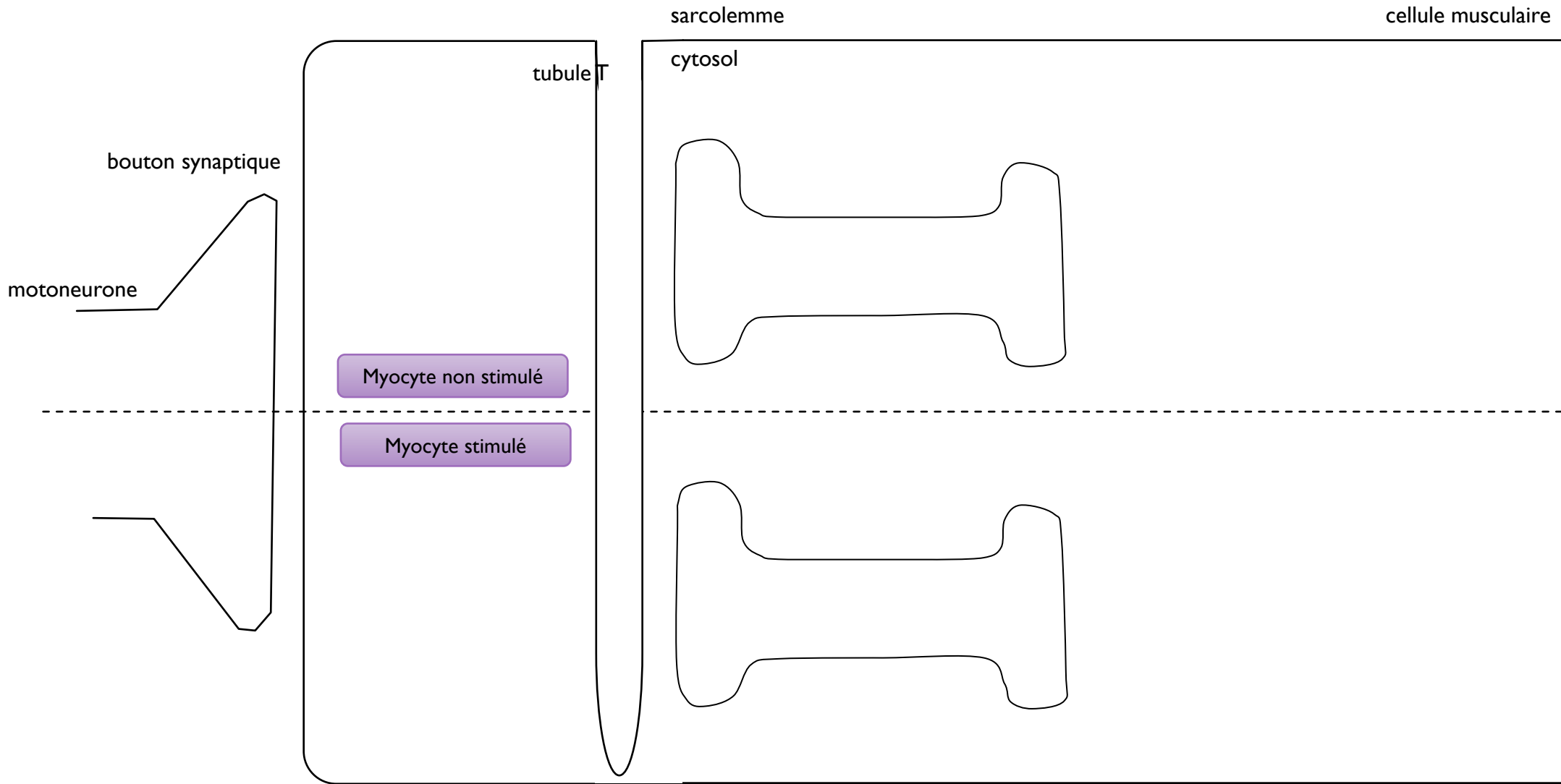
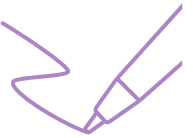


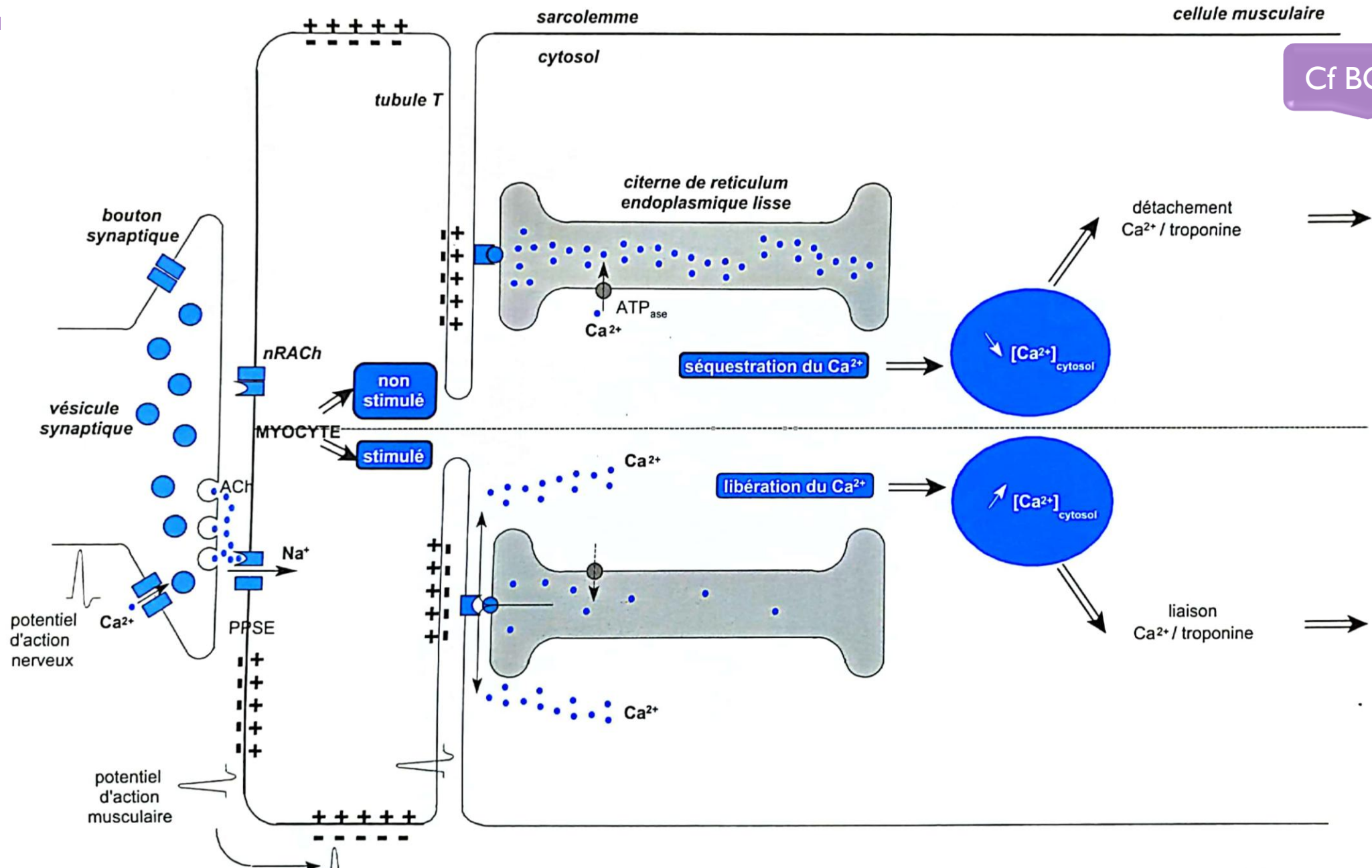


axone géant
de Calmar



Propagation d'un potentiel d'action le long d'un axone (S. Dalaine)





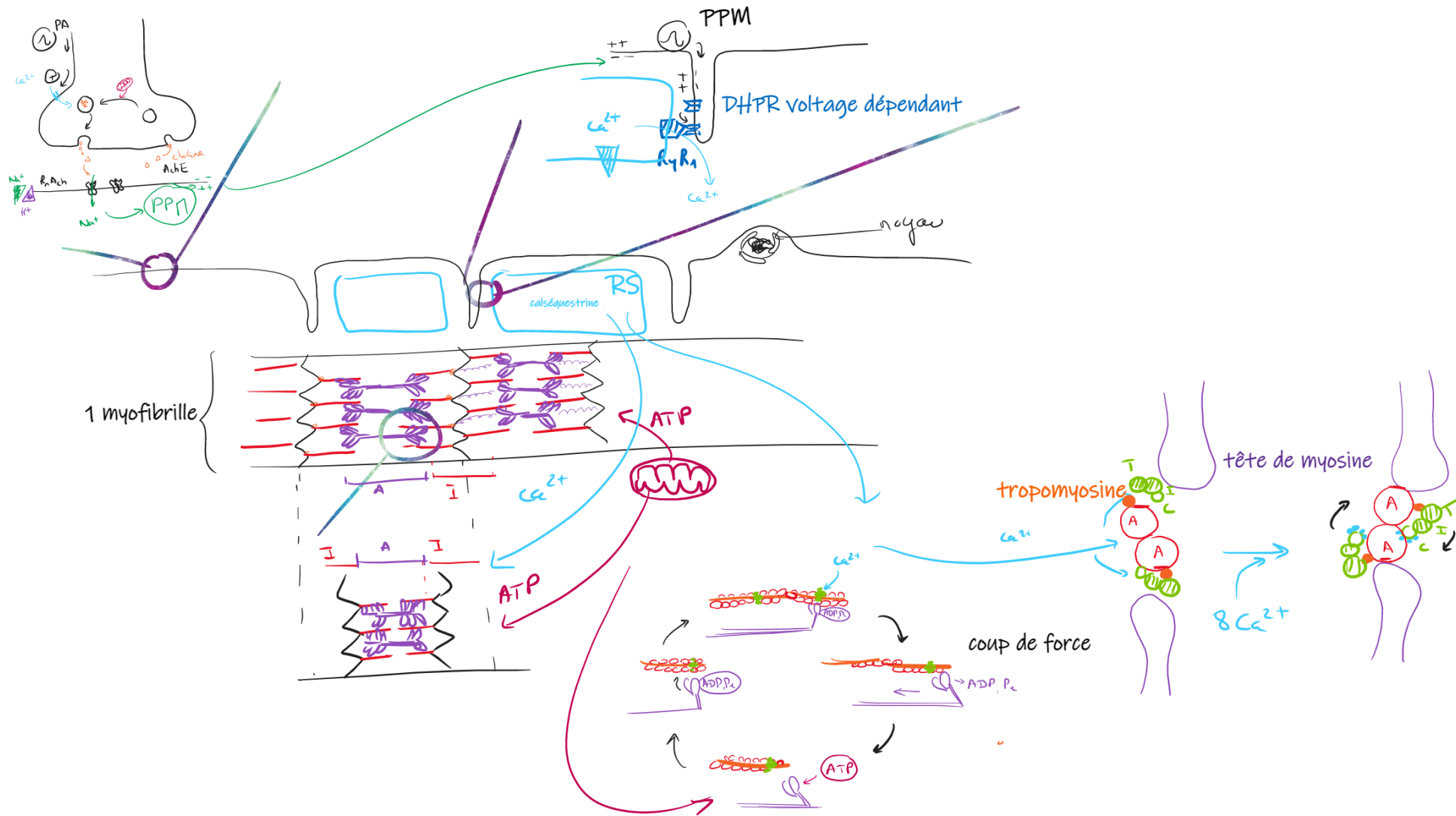
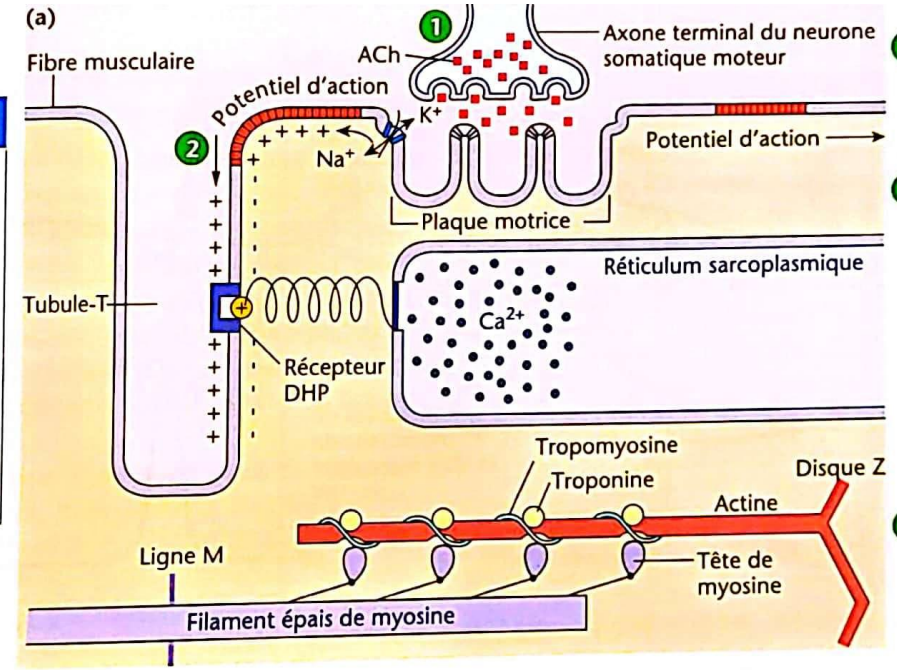
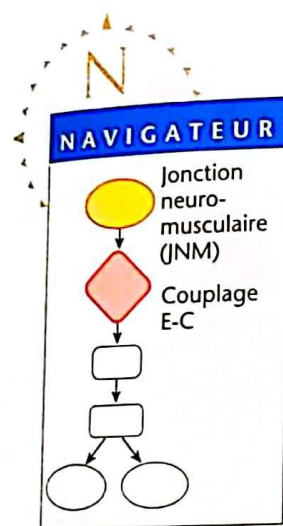
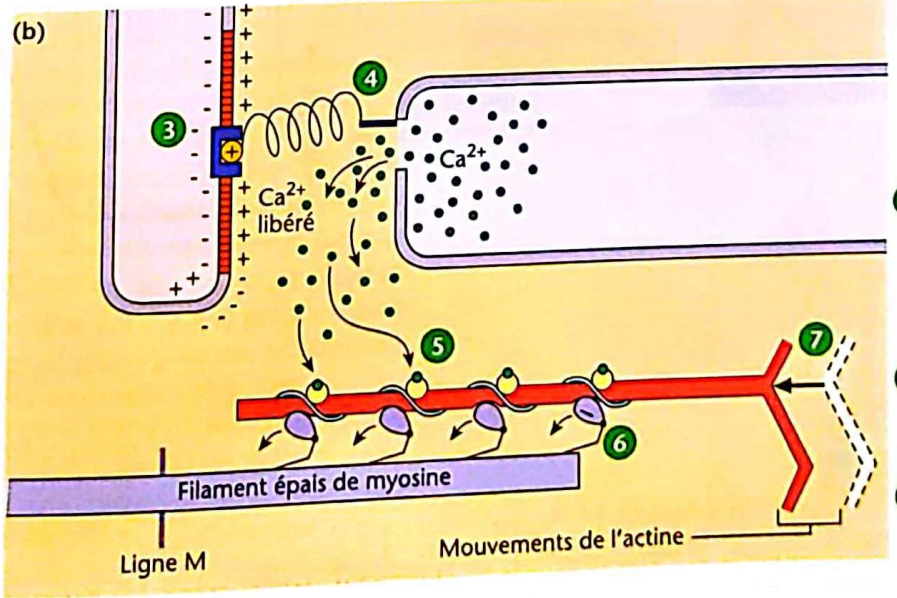
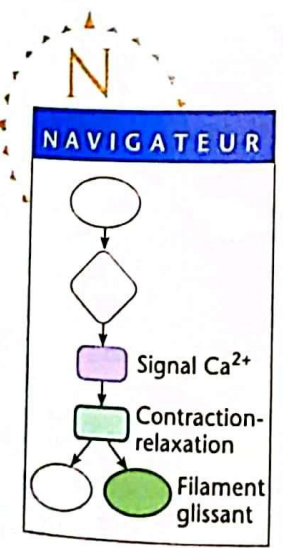


schéma bilan de la contraction musculaire (ddp, ATP, Ca^{2+}) (S. Dalaine)



- 1 Le motoneurone libère de l'ACh au niveau de la plaque motrice.
- 2 L'entrée de Na⁺ à travers le canal-récepteur ACh déclenche un potentiel d'action musculaire.
- 3 Le potentiel d'action dans les tubules-T modifie la conformation du récepteur DHP.
- 4 Le récepteur DHP ouvre des canaux calciques dans le réticulum sarcoplasmique et le Ca²⁺ est libéré dans le cytoplasme.



- 5 Le Ca²⁺ se lie à la troponine, permettant une liaison forte entre actine et myosine.
- 6 Les têtes de myosine déclenchent le « coup de rame ».
- 7 Le filament d'actine glisse vers le centre du sarcomère.

FIGURE 12.11 Couplage excitation-contraction.

PLAN DU COURS

III. Les fonctions de relation permettent de percevoir l'environnement et de réagir

A. La vache réalise des interactions inter- et intraspécifiques

1. La vache est un animal grégaire qui réalise des interactions au sein du troupeau
2. La vache réalise des interactions interspécifiques
3. Bilan : ces interactions ont permis la domestication
4. la vache perçoit son environnement et répond aux différents stimuli

B. Le squelette articulé et la musculature permettent les déplacements de l'organisme

1. squelette axial vs squelette appendiculaire
2. l'articulation autorise le mouvement de deux pièces squelettiques
3. Le mouvement est assuré par les muscles antagonistes
4. Le système nerveux central assure l'intégration des informations sensorielles et élabore une réponse

C. Le tégument assure une protection (thermique et contre les pathogènes)

1. structure du tégument de la vache
2. les rôles du tégument de la vache (et des muqueuses)
3. Le tégument participe à la thermorégulation (cf 1ère ES)
4. les phanères de la vache

C. LE TÉGUMENT ASSURE UNE PROTECTION (THERMIQUE ET CONTRE LES PATHOGÈNES)

I. Structure du tégument de la vache

1 L'épiderme : épithélium de revêtement (pavimenteux, pluristratifié)

- **kératinocytes** riches en cytokératine (conférant une résistance à la compression et une dureté relative aux cellules).
- **Mélanocytes** (protection de l'organisme contre le rayonnement UV)

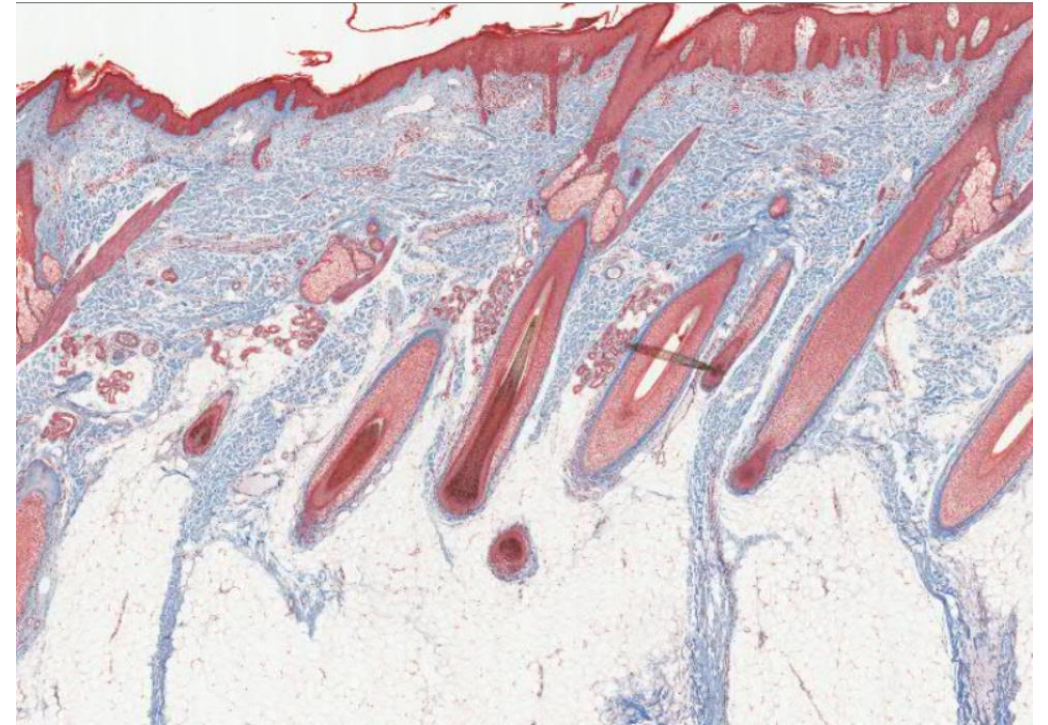
L'épiderme est un tissu en perpétuel renouvellement (renouvellement complet en 1 mois) constitué de 3 couches :

- **couche cornée** → fort pouvoir imperméabilisant
- **couche épineuse** = kératinocytes + mélanocytes
- **couche germinative** → à forte activité mitotique

2 Le **derme** : tissu conjonctif richement **irrigué** et **innervé** comprenant :

- **récepteurs sensoriels** cutanés (à la pression, à la chaleur, à la douleur)
- **follicules pileux**, cavités glandulaires
- **glandes sébacées**
- **glandes sudoripares** (sueur à rôle thermolytique)

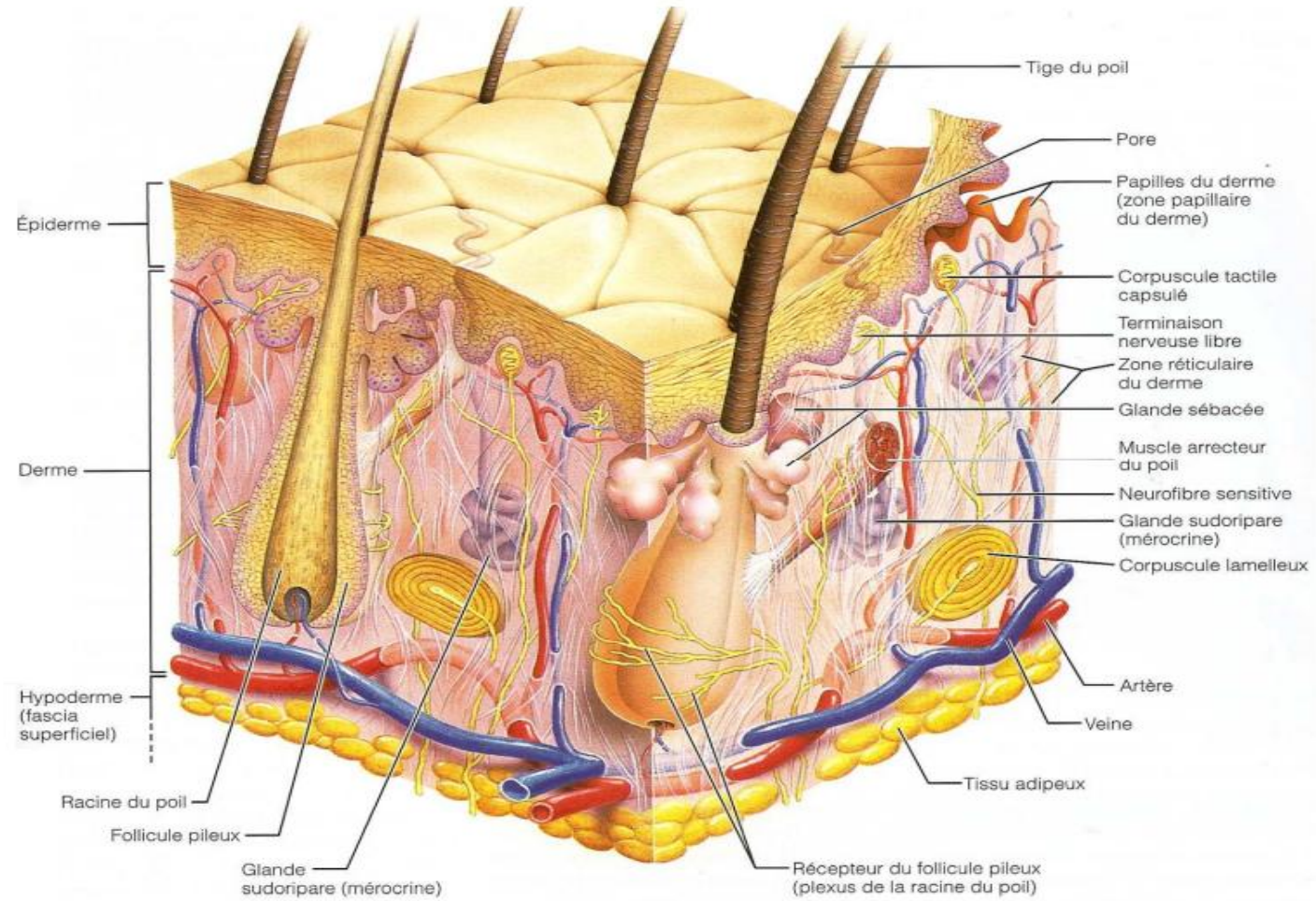
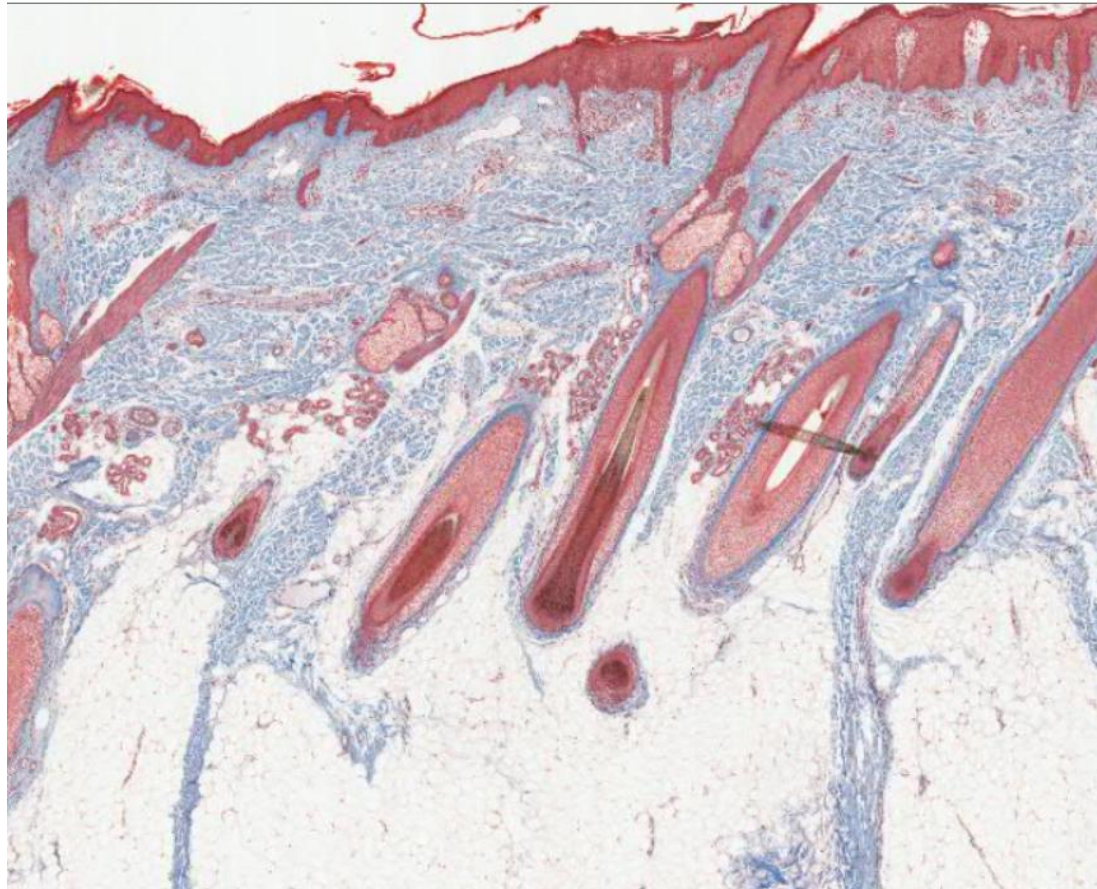
3 L'**hypoderme** : couche conjonctive = **tissu adipeux** → tissu de réserve + protection mécanique contre les chocs



Histology.be [human scalp skin \(HSM0292, Masson trichrome\)](#)

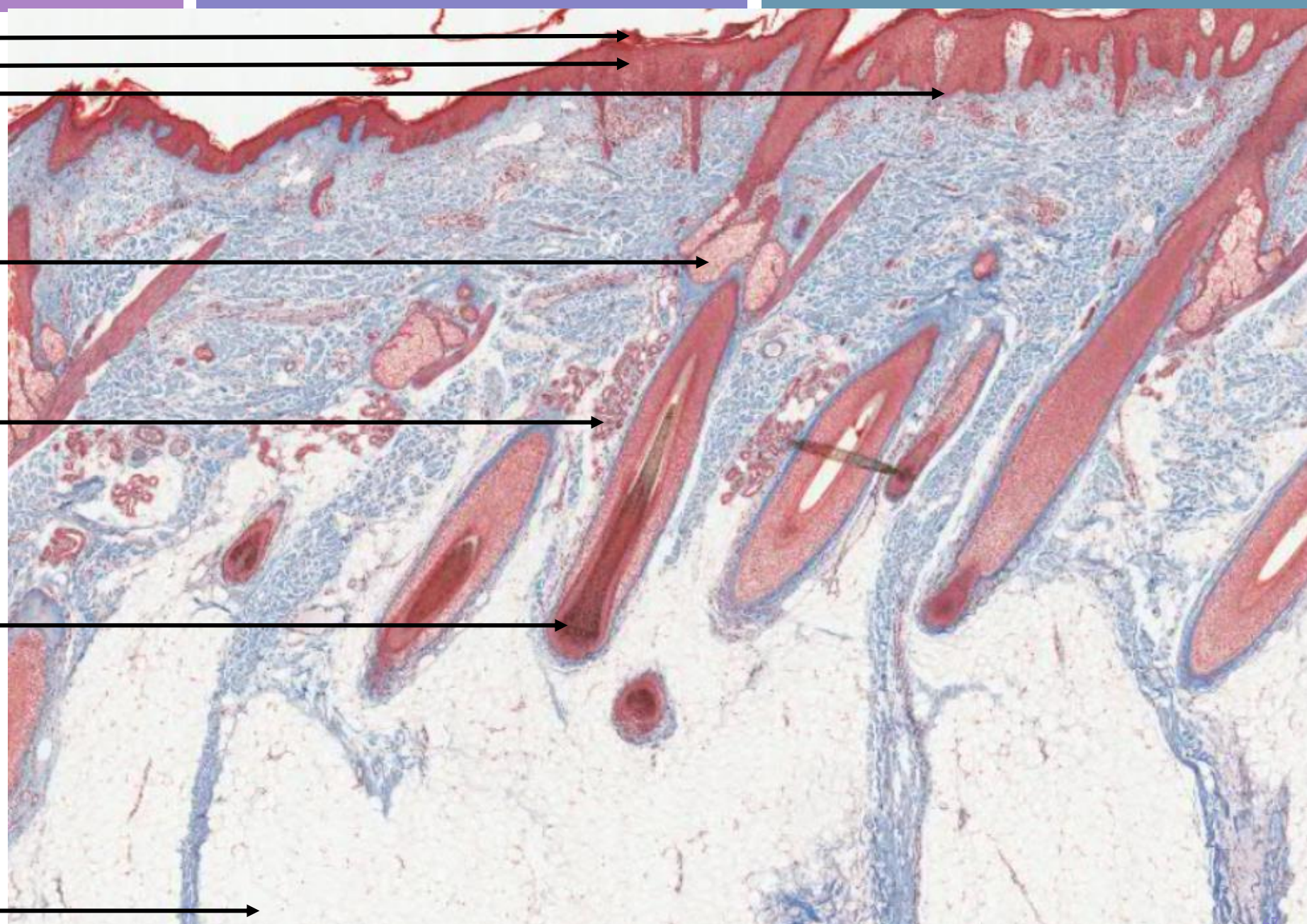
Peau= tégument des mammifères







Couche cornée
Couche épineuse
Couche germinative



Glande sébacée

Glande sudoripare

Follicule pileux

hypoderme

PLAN DU COURS

III. Les fonctions de relation permettent de percevoir l'environnement et de réagir

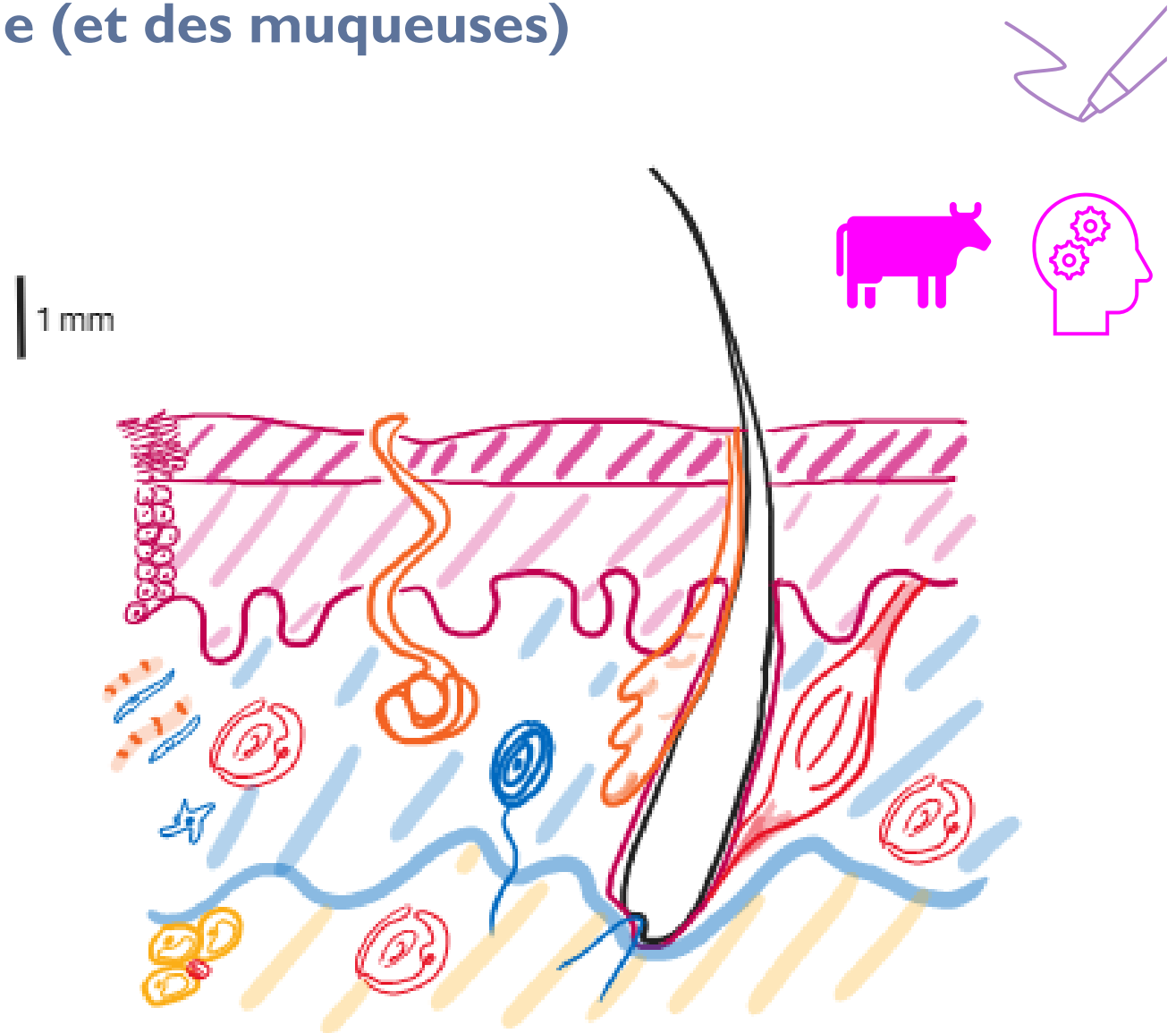
- A. La vache réalise des interactions inter- et intraspécifiques
 - 1. La vache est un animal grégaire qui réalise des interactions au sein du troupeau
 - 2. La vache réalise des interactions interspécifiques
 - 3. Bilan : ces interactions ont permis la domestication
 - 4. la vache perçoit son environnement et répond aux différents stimuli
- B. Le squelette articulé et la musculature permettent les déplacements de l'organisme
 - 1. squelette axial vs squelette appendiculaire
 - 2. l'articulation autorise le mouvement de deux pièces squelettiques
 - 3. Le mouvement est assuré par les muscles antagonistes
 - 4. Le système nerveux central assure l'intégration des informations sensorielles et élabore une réponse

- C. Le tégument assure une protection (thermique et contre les pathogènes)
 - 1. structure du tégument de la vache
 - 2. les rôles du tégument de la vache (et des muqueuses)
 - 3. Le tégument participe à la thermorégulation (cf 1ère ES)
 - 4. les phanères de la vache

C. LE TÉGUMENT ASSURE UNE PROTECTION (THERMIQUE ET CONTRE LES PATHOGÈNES)

2. Les rôles du tégument de la vache (et des muqueuses)

- **protection mécanique**
- **protection immunitaire** : barrière physique et chimique (pH), et biotique (microbiote levures vs staphylocoques)
- **protection hydrique** : sébum
- **protection thermique** : un isolant thermique face aux fluctuations thermiques du milieu extérieur (ici l'air) + lieu de réception de stimuli (pression, chaleur, douleur) + acteur de la thermorégulation (poils + glandes sudoripares)



La peau des Mammifères : vision simplifiée (S. Dalaine)

Couche cornée
(cellules mortes, desquamation, protection
vàs des microorganismes pathogènes)

Couche germinative
(protection des UV via mélanocytes,
renouvellement cellulaire)

Conjonctif dense (fibroblaste, cellules
immunitaires), collagène, élastine
(résistance, élasticité)

Glande sudoripare (thermolyse)

Glande sébacée (protection contre les micro-
orga pathogènes, limite pertes hydriques)

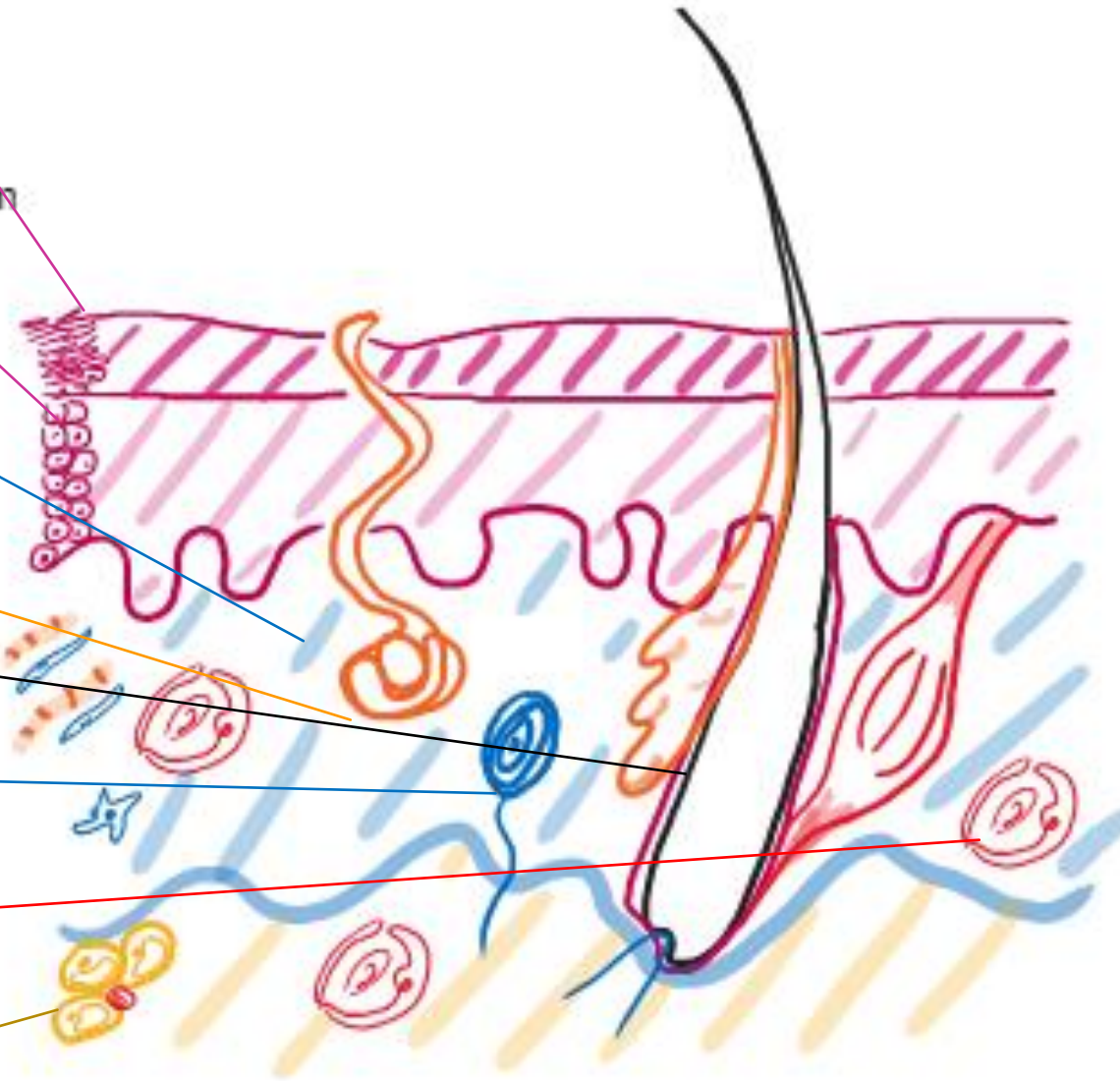
Poil et muscle horripilateur (thermogenèse,
protection)

Corpuscule de Pacini (sensibilité à la
pression) + autre cellules sensorielles
(thermorécepteurs)

Vaisseaux sanguins (approvisionnement en
nutriments en hormones, thermogenèse et
thermolyse selon vasoconstriction vs
vasodilatation)

Adipocyte (thermogenèse, protection,
stockage de réserves)

1 mm



Épiderme
pluristratifié

Derme
(conjonctif
dense)

Hypoderme
(conjonctif
spécialisé)

Le tégument des Mammifères (S. Dalaine)

PLAN DU COURS

III. Les fonctions de relation permettent de percevoir l'environnement et de réagir

A. La vache réalise des interactions inter- et intraspécifiques

1. La vache est un animal grégaire qui réalise des interactions au sein du troupeau
2. La vache réalise des interactions interspécifiques
3. Bilan : ces interactions ont permis la domestication
4. la vache perçoit son environnement et répond aux différents stimuli

B. Le squelette articulé et la musculature permettent les déplacements de l'organisme

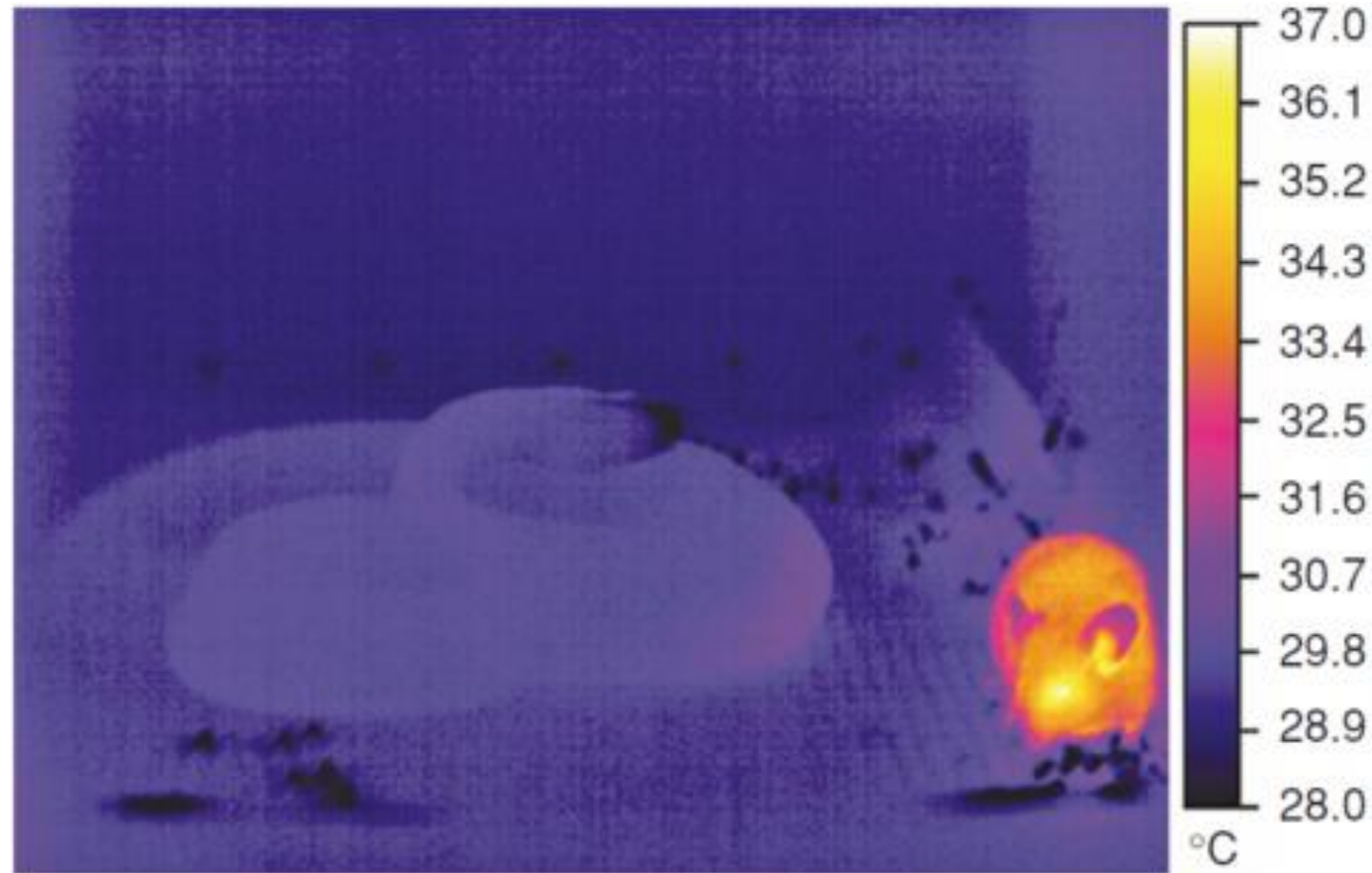
1. squelette axial vs squelette appendiculaire
2. l'articulation autorise le mouvement de deux pièces squelettiques
3. Le mouvement est assuré par les muscles antagonistes
4. Le système nerveux central assure l'intégration des informations sensorielles et élabore une réponse

C. Le tégument assure une protection (thermique et contre les pathogènes)

1. structure du tégument de la vache
2. les rôles du tégument de la vache (et des muqueuses)
3. Le tégument participe à la thermorégulation (cf 1ère ES)
4. les phanères de la vache

3. Le tégument participe à la thermorégulation (cf 1^{ère} es)

Endothermes vs ectothermes



- Image thermique d'un crotale et d'une souris placés à 30°C

3. Le tégument participe à la thermorégulation (cf Iere es)



- milieu aérien présente = grande fluctuation thermique (contrairement au milieu aquatique présentent une plus grande inertie thermique).
- vache = organisme **homéotherme** ou **endotherme**
 - T°C interne stable quelle que soit la température extérieure
 - ⇒ Production de chaleur l'hiver et évacuation de l'excès de chaleur l'été
 - ⇒ comportement (évitement vs regroupement)
 - ⇒ **stratégie physiologique** → **38,5°C** = paramètre stable, = **valeur consigne** dans le système de **thermorégulation** = valeur de la **température centrale** (=température du noyau), contrairement à la température **périphérique** plus fluctuante.
 - **système réglant** cette valeur consigne de 38,5°C = système réglant ou **thermostat** (homéostat).
 - ⇒ **système de détection** (capteurs) et **système intégrateur** de commande agissant sur les effecteurs.
 - effecteurs aboutissant à une augmentation de chaleur, appelée **thermogenèse** et ceux permettant une diminution de chaleur (**thermolyse**).

C. LE TÉGUMENT ASSURE UNE PROTECTION (THERMIQUE ET CONTRE LES PATHOGÈNES)

3. Le tégument participe à la thermorégulation (cf 1ère ES)

3.1. La thermogenèse : production de chaleur

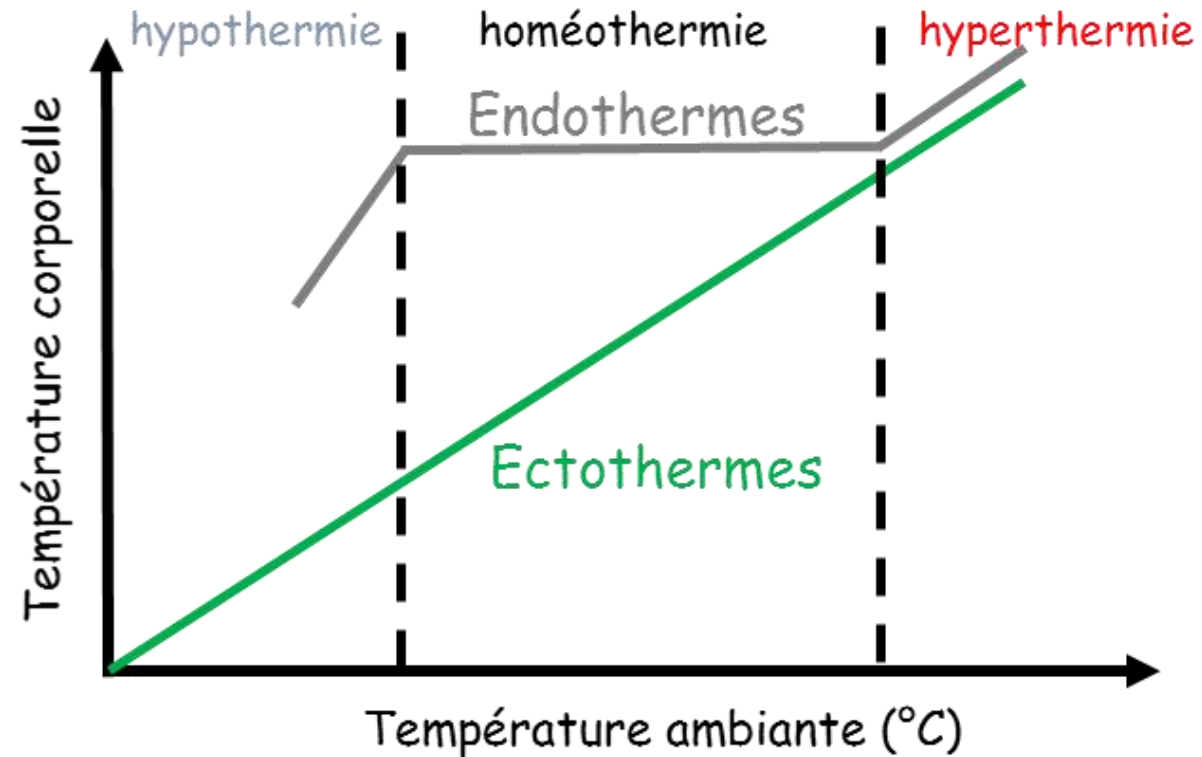
Rappels 1ère ES



Ectothermes



Endothermes

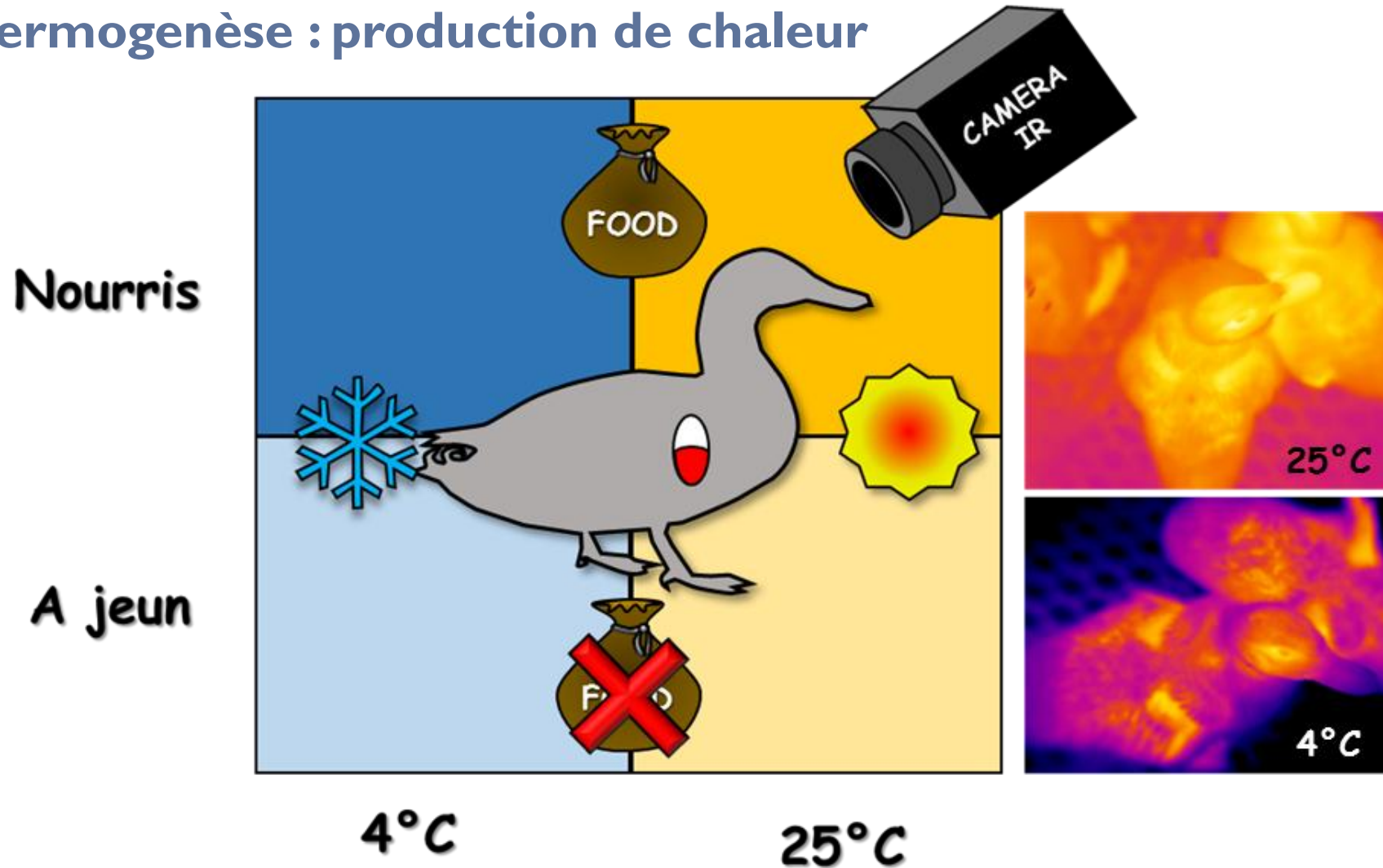


C. LE TÉGUMENT ASSURE UNE PROTECTION (THERMIQUE ET CONTRE LES PATHOGÈNES)

3. Le tégument participe à la thermorégulation (cf 1ère ES)

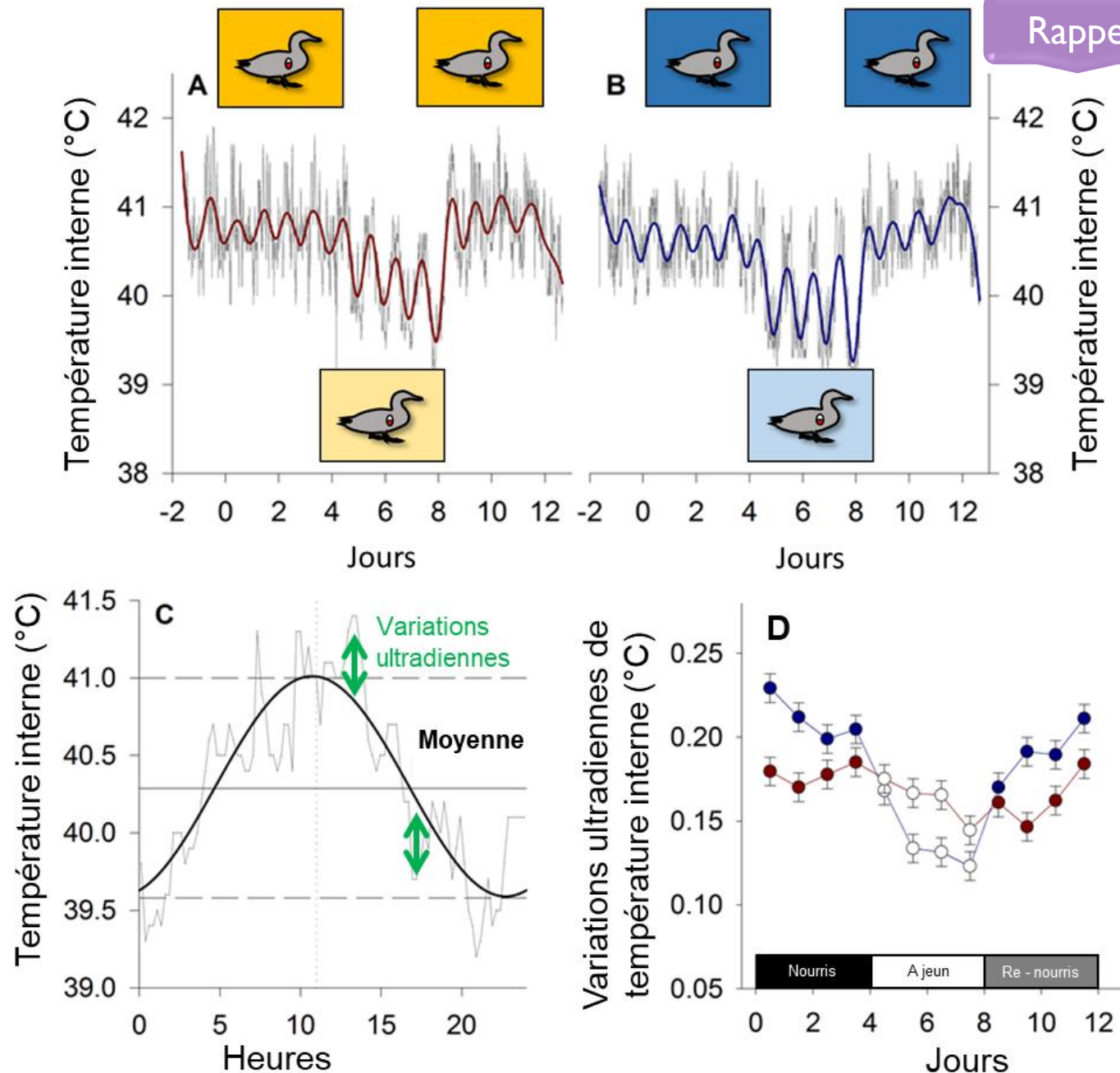
3.1. La thermogenèse : production de chaleur

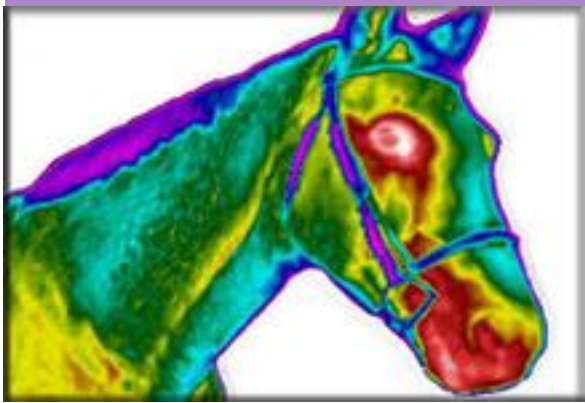
Rappels 1ère ES



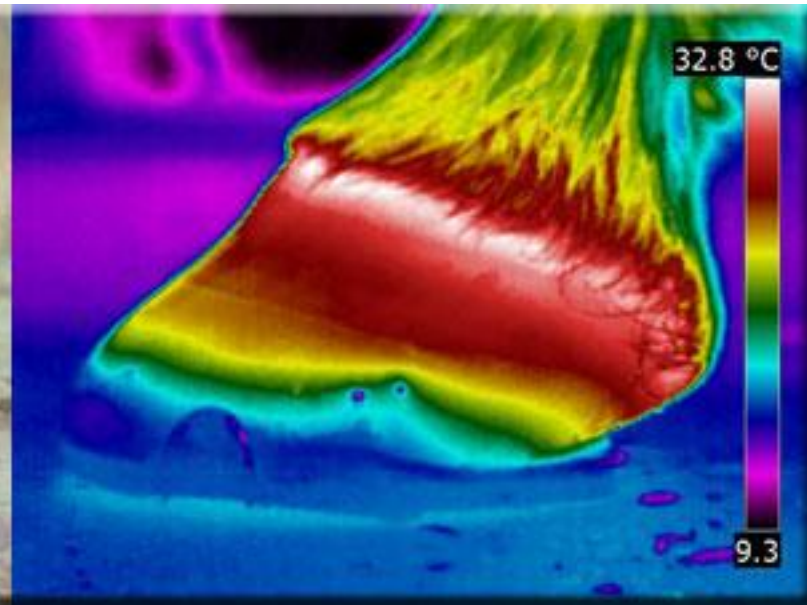
Deux conditions ont été croisées : la température (4 °C, bleu ou 25 °C, orange) et la disponibilité en nourriture. La température corporelle a été mesurée à l'aide de capteurs présents dans le gésier et d'une caméra infrarouge. À droite, deux images thermiques de canetons prises à 25 °C et à 4 °C.

Suivi de température interne sur 14 jours chez des canetons à thermoneutralité (jaune, A) ou à 4 °C (bleu, B). Représentation de la variation de température interne d'un caneton élevé à thermoneutralité sur 24 h (C) et évolution de l'amplitude des variations ultradiennes de température interne en fonction de l'accessibilité à la nourriture (D).

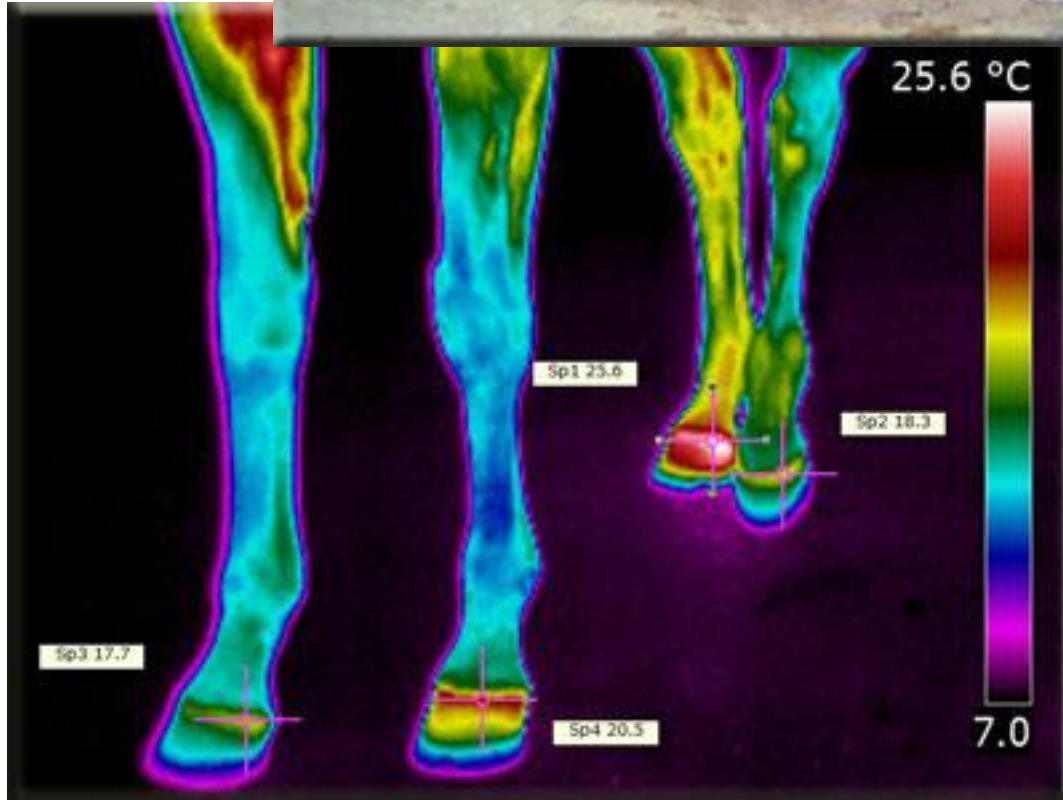




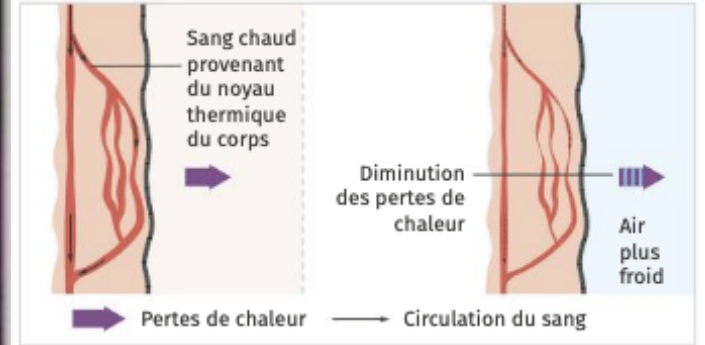
PHIE CH
LEUR



Rappels 1^{ère} ES



Doc. 6 La vasoconstriction



La réduction du diamètre des vaisseaux sanguins sous la peau permet de diminuer le débit de sang y circulant et les échanges thermiques avec l'extérieur sont ainsi ralentis. La chaleur du noyau thermique est mieux conservée, mais l'enveloppe thermique se refroidit d'autant plus vite. Un des effets visibles de cette réaction physiologique est le blanchiment de la peau.

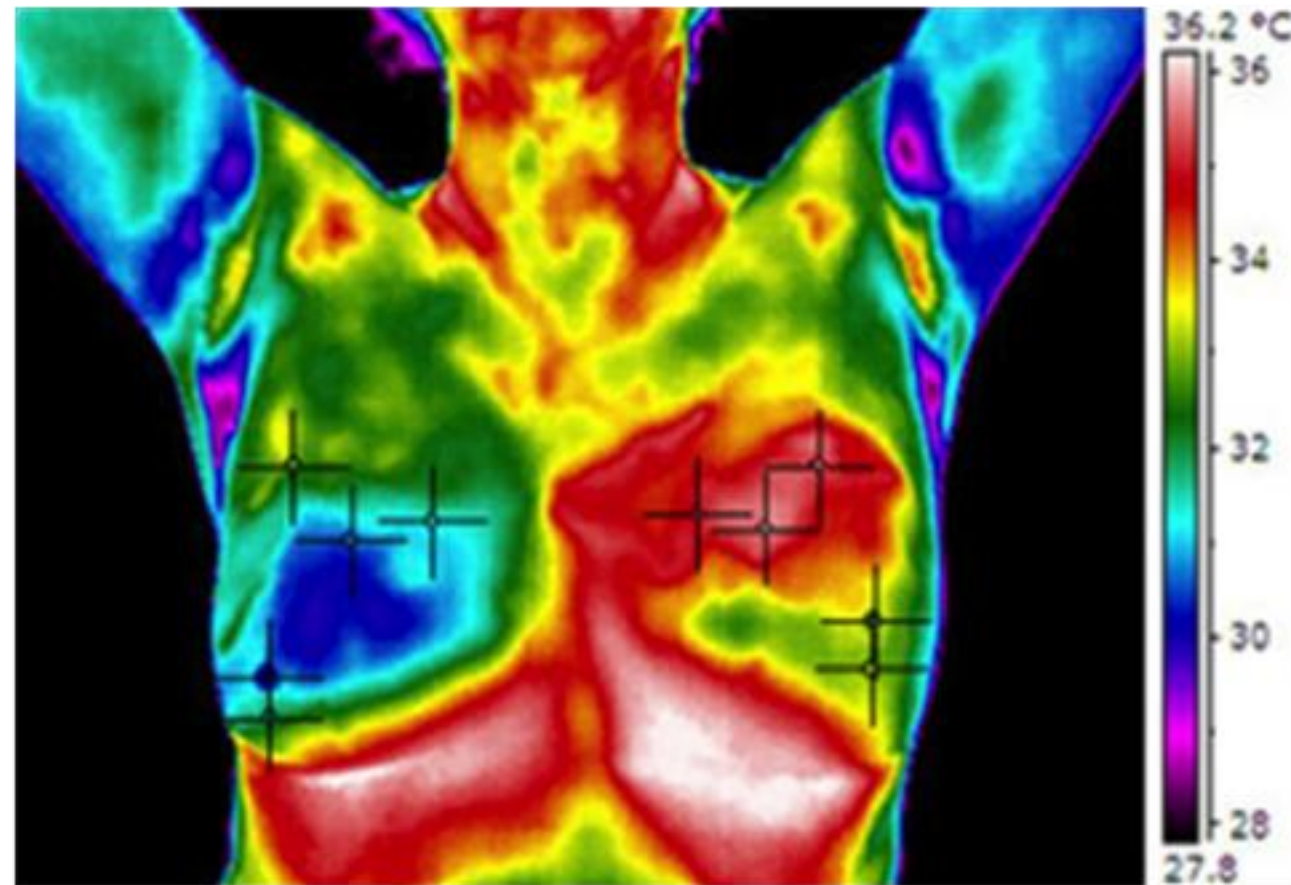
C. LE TÉGUMENT ASSURE UNE PROTECTION (THERMIQUE ET CONTRE LES PATHOGÈNES)

3. Le tégument participe à la thermorégulation (cf 1ère ES)

3.1. La thermogenèse : production de chaleur

Utilisation de la thermographie pour diagnostiquer une tumeur

Rappels 1ère ES



3. Le tégument participe à la thermorégulation (cf lère ES)



3.1. La thermogenèse : production de chaleur

- Thermogenèse= genèse de chaleur:
 - **Thermogenèse métabolique : métabolisme basal** (= métabolisme minimal d'un individu à jeun, au repos et dans des conditions de neutralité thermique) étant particulièrement élevé chez les Mammifères, il produit une chaleur importante (de l'ordre de $54,9 \text{ kJ.j}^{-1}.\text{kg}^{-1}$)
 - ❖ métabolisme de base stimulé par les hormones du stress (**catécholamines : adrénaline, noradrénaline**) et les **hormones thyroïdiennes**.
 - ❖ Vache allaitante produira davantage de chaleur à cause du dégagement calorique dû à la production de lait.
 - **Thermogenèse musculaire** : activité musculaire ayant un rendement mécanique faible \Rightarrow productrice de chaleur
 - ❖ **Frisson thermique**, une réaction de micro-contractions musculaires sans mouvement (produite en réaction à des températures froides).
 - ❖ **Réflexe horripilateur** : réaction de contraction des muscles arrecteurs (= muscles associés aux poils), ce qui permet le redressement du pelage et donc la hausse du volume d'air qui y est emprisonné et chauffé par le corps, augmentant le rôle de rétenteur thermique du pelage.
 - **Thermogenèse métabolique** : les réactions enzymatiques et le métabolisme microbien impliqués dans la digestion produisent une grande quantité de chaleur.
 - ❖ activité microbienne $\Rightarrow T^{\circ}\text{C}$ intra-ruminale $>$ $T^{\circ}\text{C}$ centrale moyenne.
 - **Thermogenèse lipolytique** : le tissu adipeux brun est un tissu adipeux particulier à fonction thermogénique. Présent à l'état résiduel chez l'adulte, il représente 2% du tissu adipeux du veau.

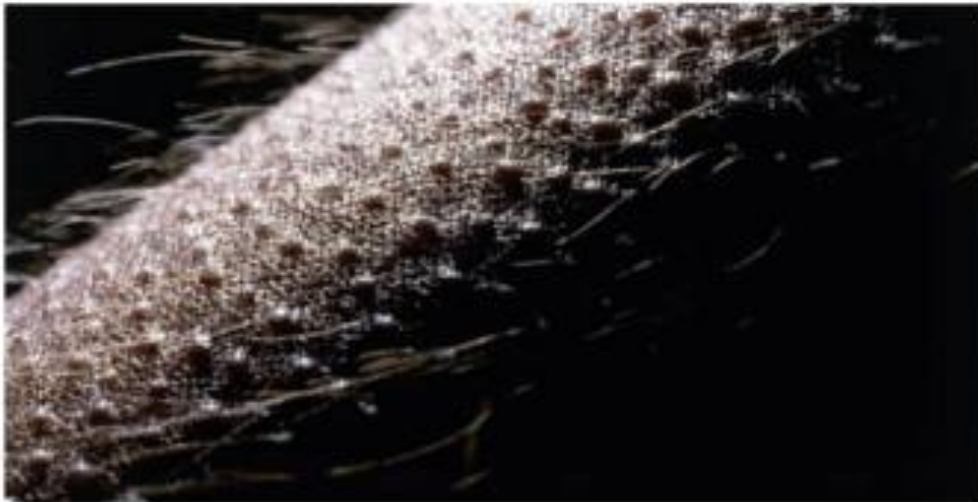
3. Le tégument participe à la thermorégulation (cf 1^{ère} ES)

3.1. La thermogenèse : production de chaleur

- Importance de la couche pileuse de surface = > limite la convection
- Sac de couchage en plume, doudoune
- Température ressentie est fonction du vent

CONVECTION (15%)

Doc. 5 La « chair de poule »



Chez les mammifères à fourrure, une réaction physiologique au froid consiste à hérissier les poils, qui constituent alors une couche isolante plus épaisse et donc plus efficace. Chez l'Homme, la densité pileuse n'est pas assez importante pour que ce mécanisme soit efficace d'un point de vue thermique. Cependant, cela constitue un caractère hérité de nos lointains ancêtres mammifères à fourrure.

Doc. 7 Les réactions comportementales



► Famille inuit à l'abri dans un igloo, près d'un feu, et couverte de vêtements de peau épais et isolants.

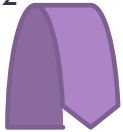
3. Le tégument participe à la thermorégulation (cf 1^{ère} ES)

3.1. La thermogenèse : production de chaleur

Définition du métabolisme

- Ensemble des réactions chimiques ayant lieu au sein d'une cellule, basées sur des transformations de matière (oxydation de glucides et/ou des lipides, fermentation) et d'énergie (libération d'énergie lors de la respiration, de la fermentation).

Equation bilan de la respiration:



Énergie (travail
+ chaleur)

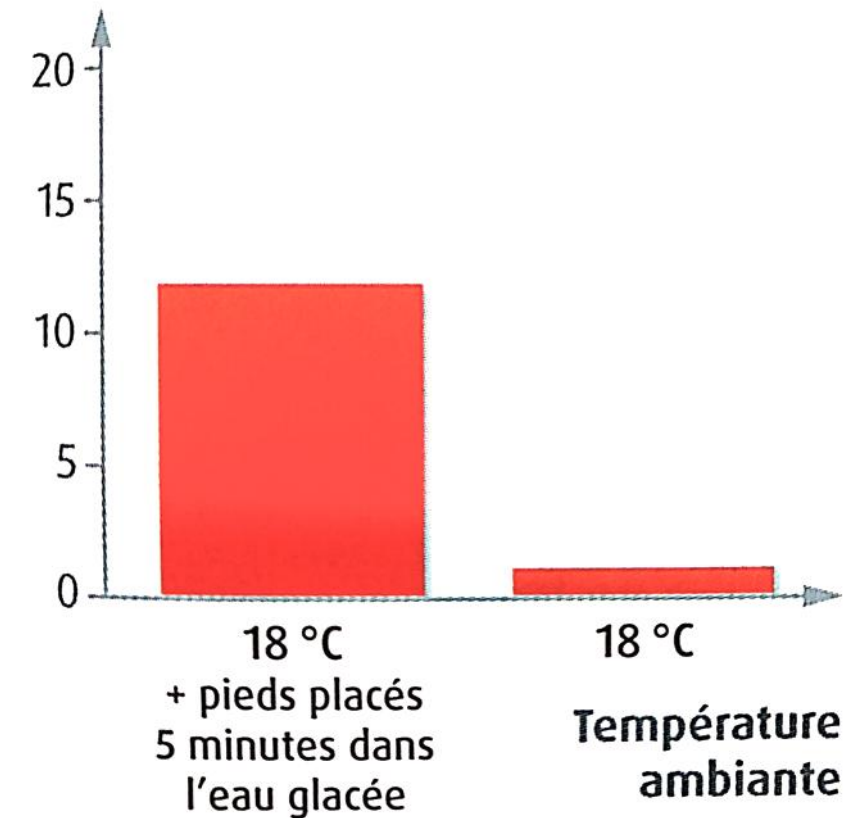
Equation bilan de la fermentation lactique:



Énergie (travail +
chaleur)



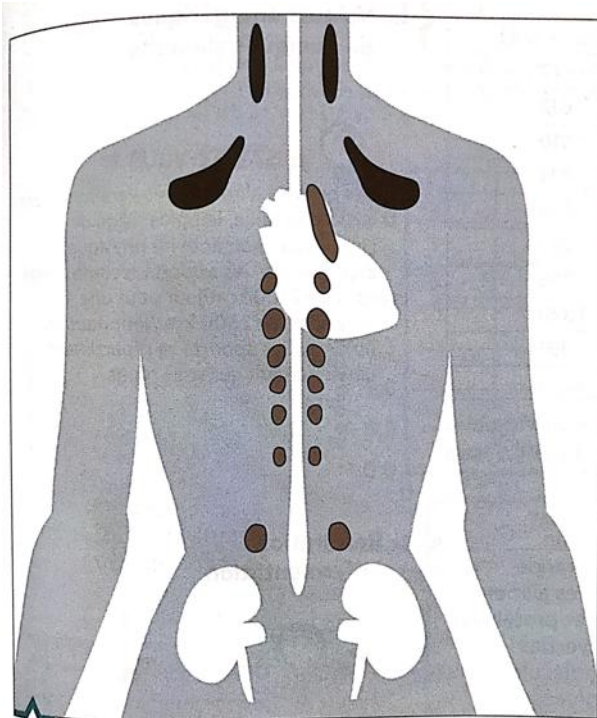
consommation de glucose
($\mu\text{mol}/100 \text{ g}$ de tissu adipeux/min)



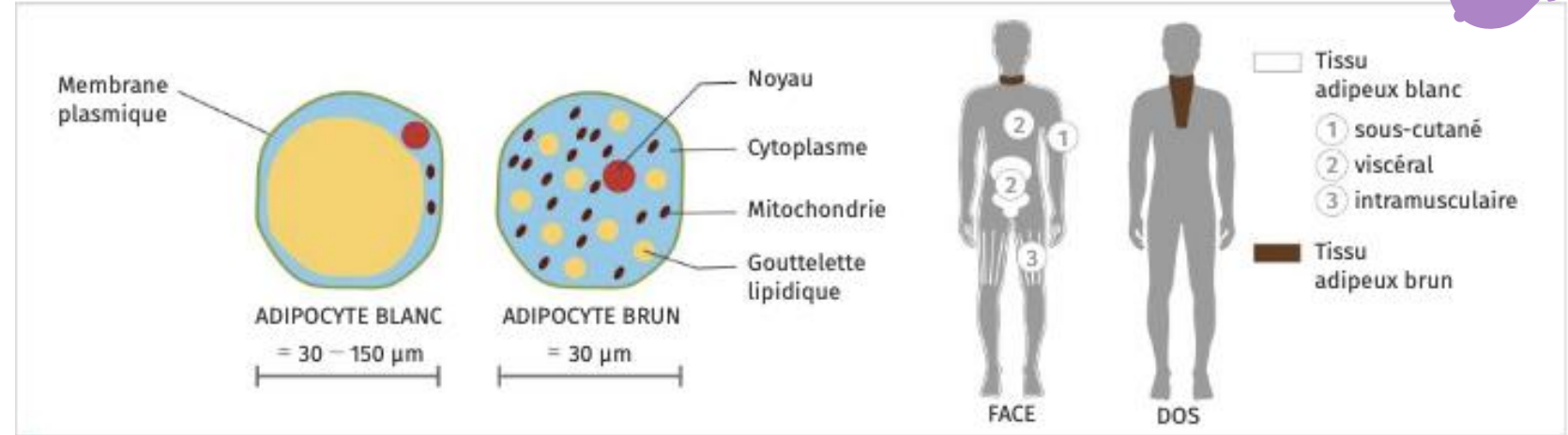
3. Le tégument participe à la thermorégulation (cf 1^{ère} ES)

3.1. La thermogénèse : production de chaleur

Thermogénèse par le tissu adipeux brun

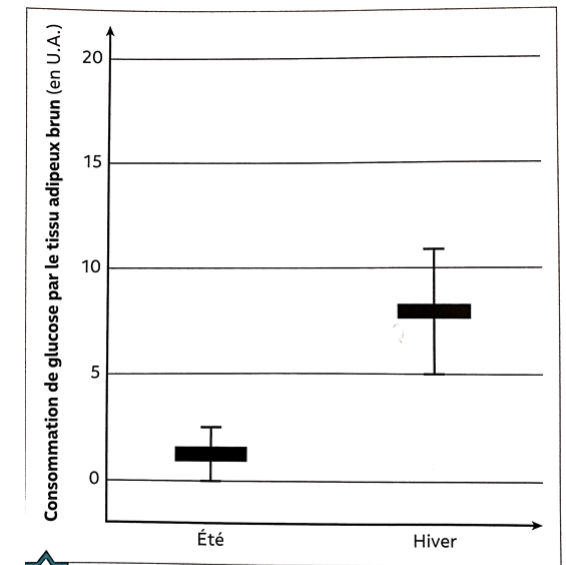


d. Localisation du tissu adipeux brun
 Une partie de la population humaine possède du tissu adipeux brun, dont les cellules convertissent l'énergie chimique des nutriments en énergie thermique.



Schémas comparatifs de l'organisation et de la localisation des adipocytes blancs et bruns. Dans une cellule, les mitochondries sont les organites responsables de la respiration cellulaire.

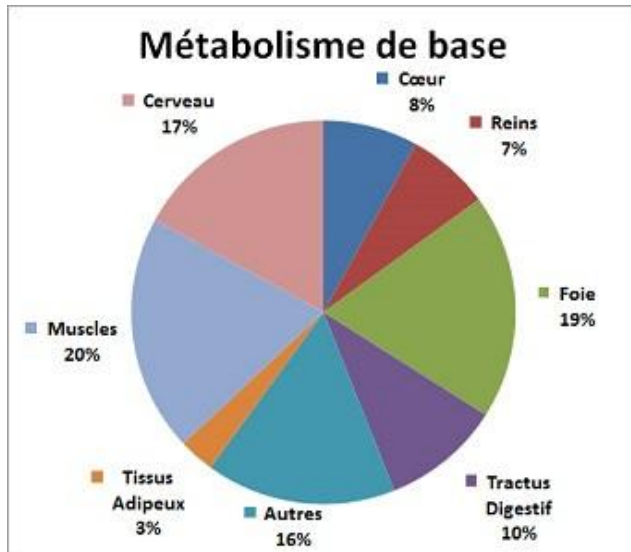
- Graisse brune peu présente chez l'adulte (très présente chez le nourrisson et chez les Mammifères hibernant): le métabolisme au sein des adipocytes bruns est particulier: la thermogénine présente dans les mitochondries induit une production d'énergie uniquement sous forme de chaleur (aucun ATP produit permettant un travail cellulaire)



e. Consommation moyenne de glucose par le tissu adipeux brun de 8 sujets différents, en été et en hiver
 Les barres verticales représentent les écarts types.

3.1. La thermogenèse : production de chaleur

Le métabolisme basal: quantité minimale d'énergie dépensée par jour



- Le métabolisme basal (MB) au repos est dû aux dépenses énergétiques occasionnées par les battements cardiaques, mouvements de la cage thoracique, fonctionnement cérébral, veille immunitaire, communication hormonale, tonus musculaire de base.

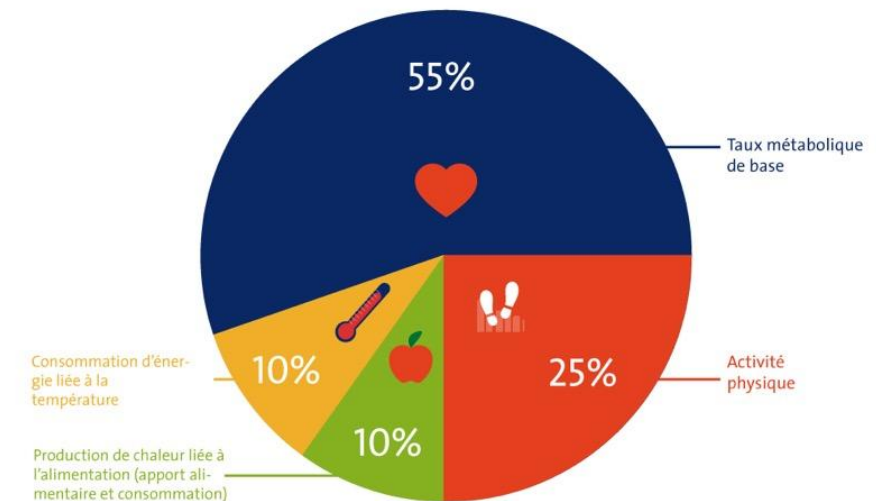
La valeur du métabolisme basal dépend :

- De l'âge (le métabolisme diminue avec l'âge, les personnes « chauffent » moins)
- Du sexe (la thermorégulation passe par un centre de contrôle l'hypothalamus sous influence hormonale)

- De la taille (plus on est grand, plus on augmente la surface de contact avec l'environnement, plus on perd d'énergie donc plus on doit consommer de l'énergie)
- De la masse (plus on est fort, plus on dépense d'énergie donc plus on doit en consommer)
- De l'état physiologique (enceinte, allaitement, maladie)

Il faut ajouter à ce MB les dépenses énergétiques quotidiennes (se déplacer, manger...) qui dépendent du mode de vie (sédentaire, sportif, environnement chaud/froid...)

Consommation d'énergie humaine



3. Le tégument participe à la thermorégulation (cf 1^{ère} ES)

3.1. La thermogenèse : production de chaleur

L'alimentation et la valeur énergétique des aliments



Nutriment ou énergie	Apport de référence
lipides	70 g
glucides	260 g
protéines	50 g
énergie	8 400 kJ = 2 000 kcal

Aliment	Valeur énergétique (en kJ/100 g)
Tomate, crue	77
Riz blanc, cuit, non salé	612
Frites de pommes de terre, surgelées, cuites en friteuse	1 110
Saumon, élevage, rôti/cuit au four	874
Bœuf, steak haché 15 % MG, cuit	996
Yaourt, lait fermenté ou spécialité laitière, nature	239
Mousse au chocolat (base laitière), rayon frais	756
Tarte aux fraises	1 320
Jus d'orange, maison	191
Eau	0

Extrait de la table Ciqual, base de données de référence sur la composition nutritionnelle des aliments, www.ciqual.anses.fr.

3. Le tégument participe à la thermorégulation (cf lère ES)



3.2. La thermolyse : diminution de la chaleur

- Thermolyse = pertes de chaleur :

➤ **Pertes périphériques de chaleur (par rayonnement, conduction, convection thermique) au niveau :**

- ❖ De la peau

- ❖ D'organes à fort rapport surface / volume remplissant un rôle d'échangeurs thermiques : queue, cornes, oreilles.

➤ élément **effecteur** = irrigation sanguine périphérique :

- ❖ ↗ de l'irrigation ⇔ ↗ pertes thermiques.

- ✓ **Sang = un fluide caloporteur**

➤ Pertes par **évaporation d'eau** (consommatrice d'énergie thermique prélevée à l'organisme) :

- ❖ par la ventilation et le halètement (qui produit une évaporation au niveau de la langue)

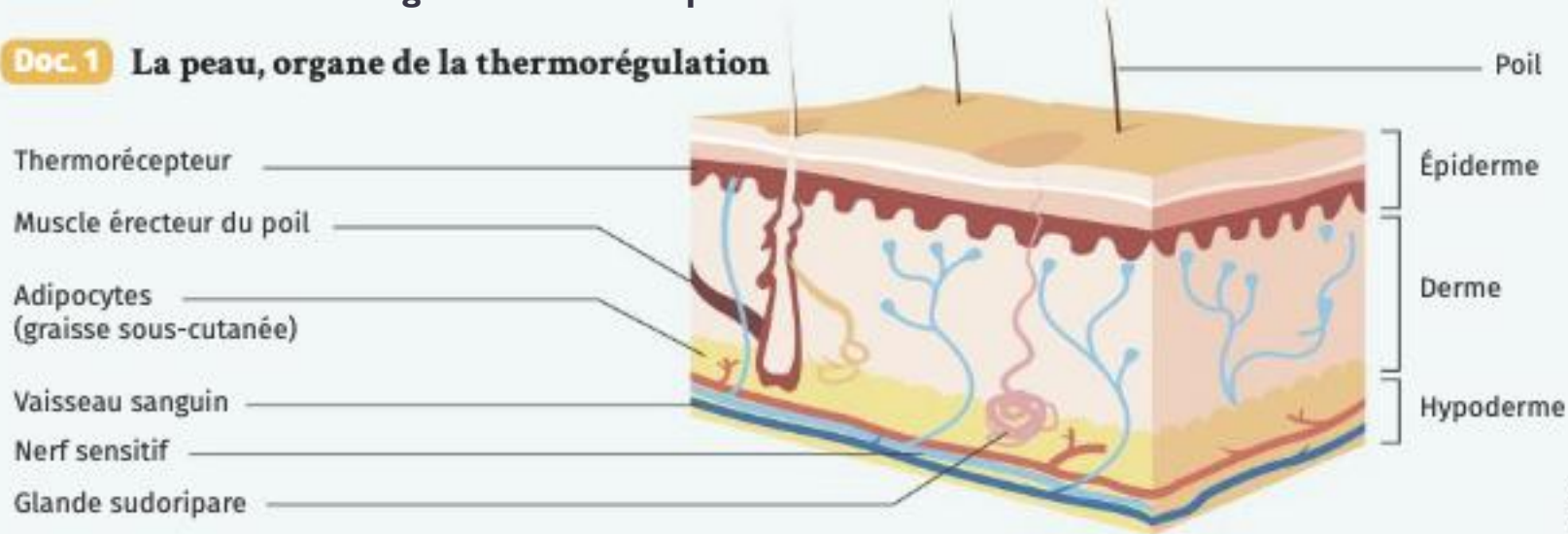
- ❖ au niveau des glandes sudoripares, très abondantes chez la Vache (environ dix fois plus que chez l'être humain).

3. Le tégument participe à la thermorégulation (cf 1ère ES)

3.2. La thermolyse : diminution de la chaleur

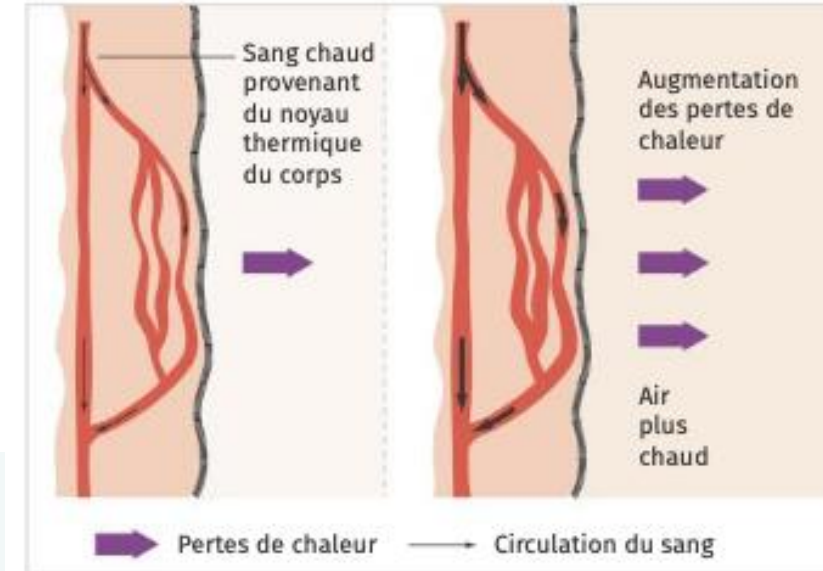
- Thermolyse = pertes de chaleur :
 - **Pertes périphériques de chaleur (par rayonnement, conduction, convection thermique)** au niveau :
 - ❖ De la peau
 - élément **effecteur** = irrigation sanguine périphérique :
 - ❖ ↗ de l'irrigation ⇒ ↗ pertes thermiques.
 - ✓ **Sang = un fluide caloporteur**

Doc. 1 La peau, organe de la thermorégulation



Des thermorécepteurs, dont les terminaisons nerveuses sont situées dans l'épiderme, envoient un signal de température à une région du cerveau, l'hypothalamus, qui intègre cette information et déclenche des réactions physiologiques et comportementales.

Doc. 2 La vasodilatation



L'augmentation du diamètre des vaisseaux sanguins sous la peau permet d'augmenter le débit de sang et donc les échanges thermiques avec l'extérieur. Un des effets visibles de cette réaction physiologique est le rougissement.

D'après le livrescolaire. IES, ed 2019, p118

C. LE TÉGUMENT ASSURE UNE PROTECTION (THERMIQUE ET CONTRE LES PATHOGÈNES)

3. Le tégument participe à la thermorégulation (cf 1^{ère} ES)

3.2. La thermolyse : diminution de la chaleur

Doc. 3 La sudation (ou transpiration)

La sudation, ou transpiration, est une **réaction physiologique** où de l'eau est excrétée à la surface de la peau par les glandes sudoripares. Cette quantité importante d'eau en s'évaporant va faire diminuer la température de surface.



Doc. 4 Les réactions comportementales

Lorsque la thermogenèse est supérieure à la thermolyse, différents comportements typiques sont observés : se dévetir, se couvrir avec des tissus clairs, s'humidifier la peau ou s'exposer à un courant d'air.

Évaporation (20%)

- Sueur = solution d'eau et de sels minéraux produite par les cellules des glandes sudoripares.
- Lorsque sueur s'évapore (L → G)
 - ⇒ changement d'état
 - ⇒ **chaleur latente de vaporisation = consommation d'énergie calorifique**

C. LE TÉGUMENT ASSURE UNE PROTECTION (THERMIQUE ET CONTRE LES PATHOGÈNES)

3. Le tégument participe à la thermorégulation (cf 1^{ère} ES)

3.2. La thermolyse : diminution de la chaleur



- La conduction est un mode de transfert de chaleur sans déplacement de matière, uniquement par contact. Chez l'Homme la perte d'énergie thermique par **conduction** passe essentiellement par les pieds en **contact avec le sol**.
- Perte de chaleur de l'individu au contact de l'environnement « solide »: pied sur le sol . Fonction de la rugosité de l'environnement: exemple dans une pièce table en marbre plus froide que table en bois
- Ce mode de transfert est très important lorsque nous nous baignons (grande perte de chaleur du corps vers l'eau).



CONDUCTION (5%)

3. Le tégument participe à la thermorégulation (cf 1ère ES)

3.2. La thermolyse : diminution de la chaleur

Les différentes pertes thermiques du corps humain: ne pas confondre les paramètres température (°C) et chaleur (en J)

- **Rayonnement IR**= 60% des pertes thermiques

$$R = h_r \cdot F_{vet} \cdot (T_{peau} - T_{ext})$$

R: flux thermique par radiation en $W \cdot m^{-2}$

h_r : coefficient de rayonnement en $W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$

F_{vet} : facteur de réduction dû aux vêtements (sans unité)

- **Conduction thermique**: 3% des pertes thermiques du corps humain $Cd = k \cdot (T_{peau} - T_{ext})$

Cd : flux thermique par conduction en $W \cdot m^{-2}$

k: conductance thermique en $W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$

T: température en K

- **Convection thermique**: 15% des pertes thermiques

$$Cv = h_c \cdot F_{vet} \cdot (T_{peau} - T_{ext})$$

Cv: flux thermique par convection en $W \cdot m^{-2}$

h_c : coefficient de convection en $W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$

F_{vet} : facteur de réduction dû aux vêtements (sans unité)

- **Évaporation**: 22% des pertes thermiques

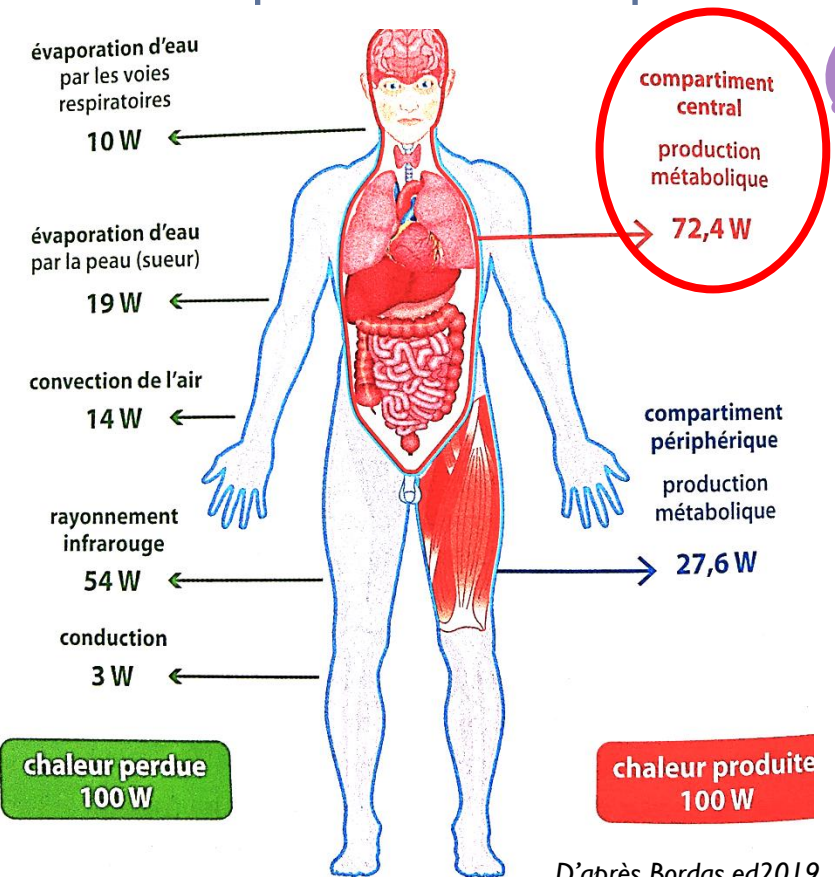
$$E = h_e \cdot F_{vet} \cdot (P_{vext} - P_{vpeau})$$

h_e : coefficient d'évaporation en $W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$

P_{vext} : pression de vapeur d'eau extérieure en Pa

P_{vpeau} : pression de vapeur saturante de la peau en Pa

F_{vet} : facteur de réduction dû aux vêtements (sans unité)



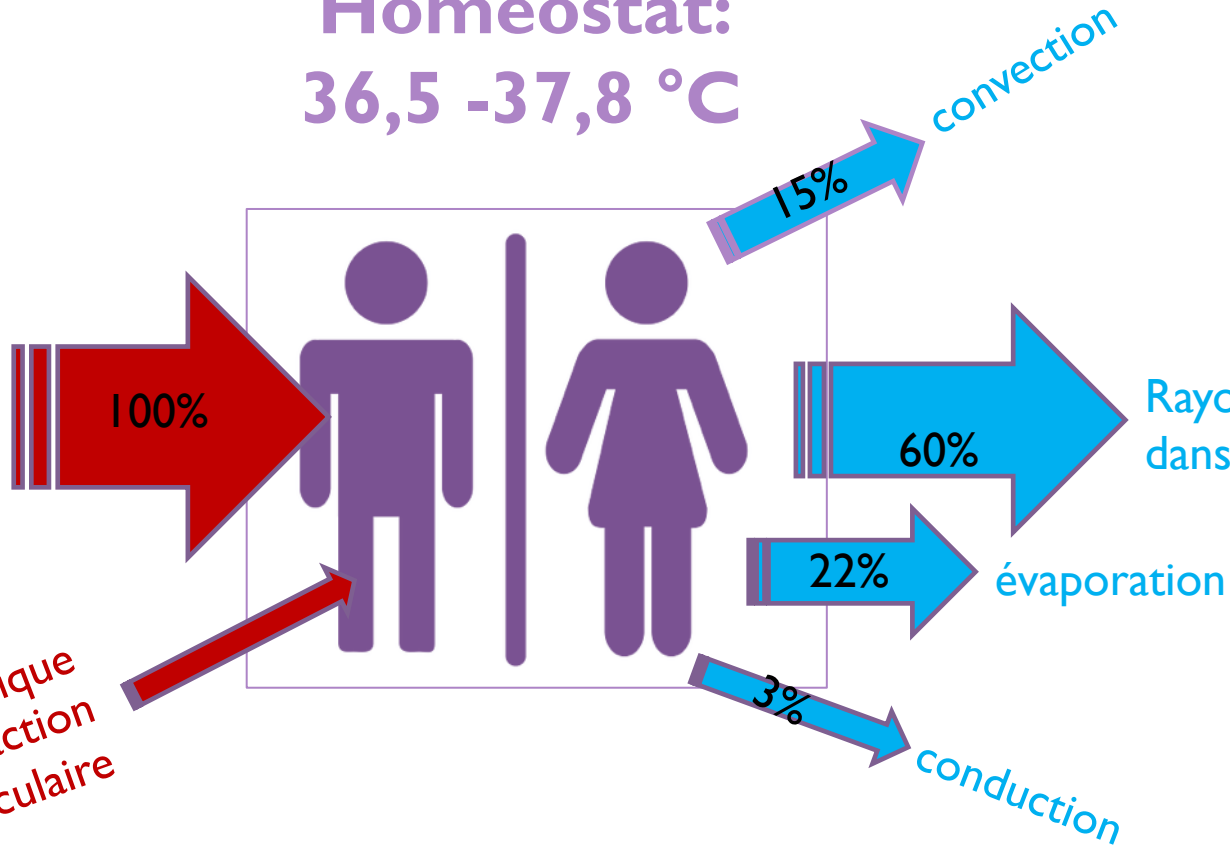
D'après Bordas ed2019, 1ère ES, p134

- Tout solide échange de l'énergie thermique avec son milieu; la chaleur est toujours transférée du milieu le plus chaud vers le milieu le plus froid
- La température d'un corps ne reste constante que si le flux thermique global est nul => pertes thermiques compensées par thermogénèse (production de chaleur)

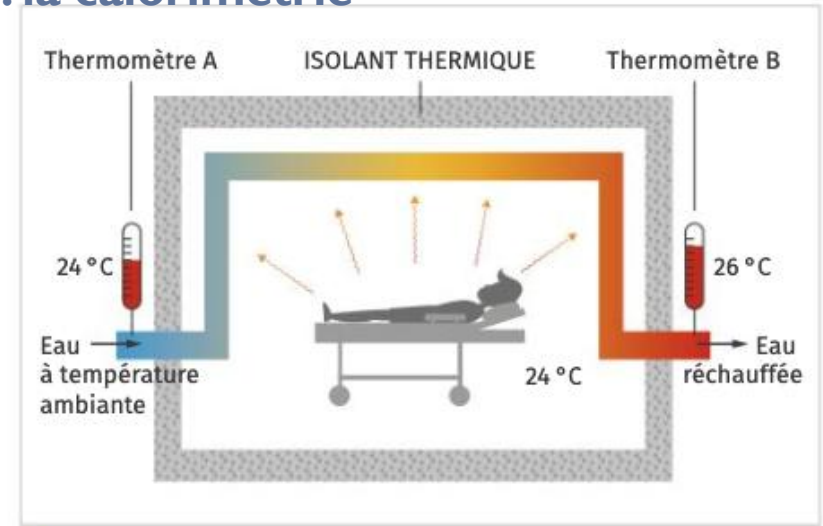
Bilan thermique du corps humain



Homéostat:
36,5 - 37,8 °C



Mesure du flux de chaleur produit par un être humain: la calorimétrie



Principe d'une mesure en chambre calorimétrique. D'après le livrescolaire. IES, ed 2019, p115

Principe du calorimètre: personne allongée dans une chambre dont parois parcourus par de l'eau froide. Chaleur du corps transmise à l'eau froide => augmentation de la température de l'eau associée à une augmentation de T°C.

Augmentation de 1°C ⇔ 1 calorie = 4,186 J

Au repos: corps humain libère 100 W

THERMOLYSE

THERMOGENESE

C. LE TÉGUMENT ASSURE UNE PROTECTION (THERMIQUE ET CONTRE LES PATHOGÈNES)

3. Le tégument participe à la thermorégulation (cf lère ES)

3.3. La boucle de la thermorégulation

- $\nearrow T^{\circ}\text{C}$ épiderme \rightarrow Thermorécepteurs cutanés sensibles au chaud \rightarrow transduction du signal et conduction vers SNC hypothalamus
- $\nearrow T^{\circ}\text{C}$ centrale \rightarrow Thermorécepteurs centraux sensibles au chaud \rightarrow transduction du signal et conduction vers SNC hypothalamus
- **Intégration des messages nerveux par le SNC (hypothalamus)**
 - \Rightarrow Émission d'un message nerveux efférent vers les organes effecteurs de la thermolyse car signal de \searrow de chaleur
- **Effecteurs = thermolyse: vasodilatation des vaisseaux sanguins**
 - \Rightarrow Évacuation de la chaleur centrale vers la périphérie
- Effecteurs: glandes sudoripares
 - \Rightarrow Chaleur latente de vaporisation
- $\searrow T^{\circ}\text{C}$ centrale et périphérique = retour à la valeur consigne

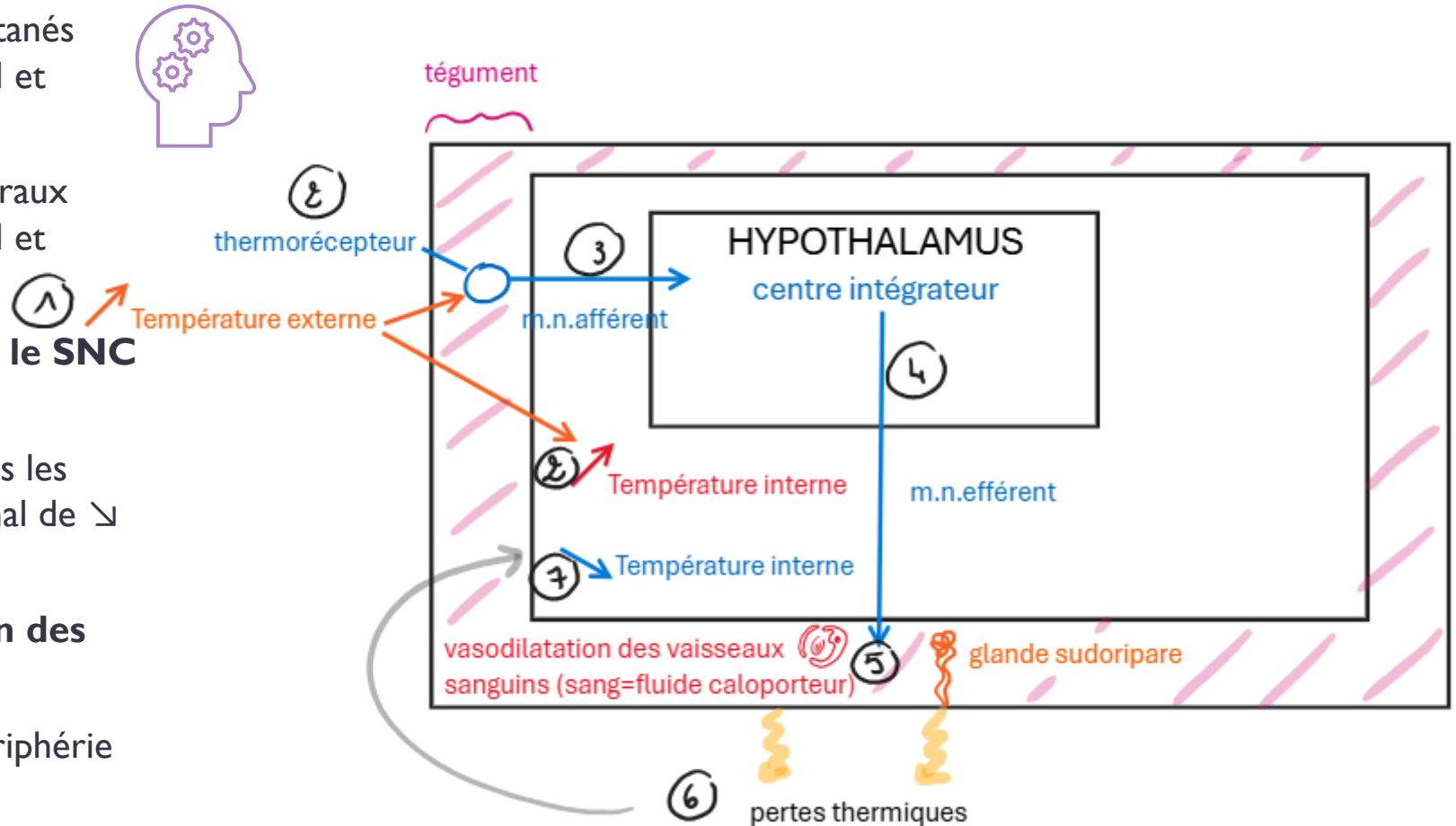


Figure 19 : thermorégulation dans le cas d'une hausse de température (S. Dalaine)

1. Stimulus: augmentation de T°C, capté par des thermorécepteurs cutanés
2. Transduction du message thermique par les thermorécepteurs en message nerveux électrique
2. Augmentation de la T°C corporelle de la vache
3. Conduction du message nerveux afférent vers le centre intégrateur hypothalamique
4. Intégration du message par les neurones hypothalamiques et comparaison à la valeur consigne, émission d'un message nerveux efférent pour correction
5. Mise en jeu des effecteurs dermiques: vasodilatation des vaisseaux sanguins (évacuation de l'énergie thermique) et transpiration via les glandes sudoripares (chaleur latente de vaporisation de l'eau élevée ⇒ évacuation de l'excès de température)
6. Retour à la valeur consigne (38 °C)

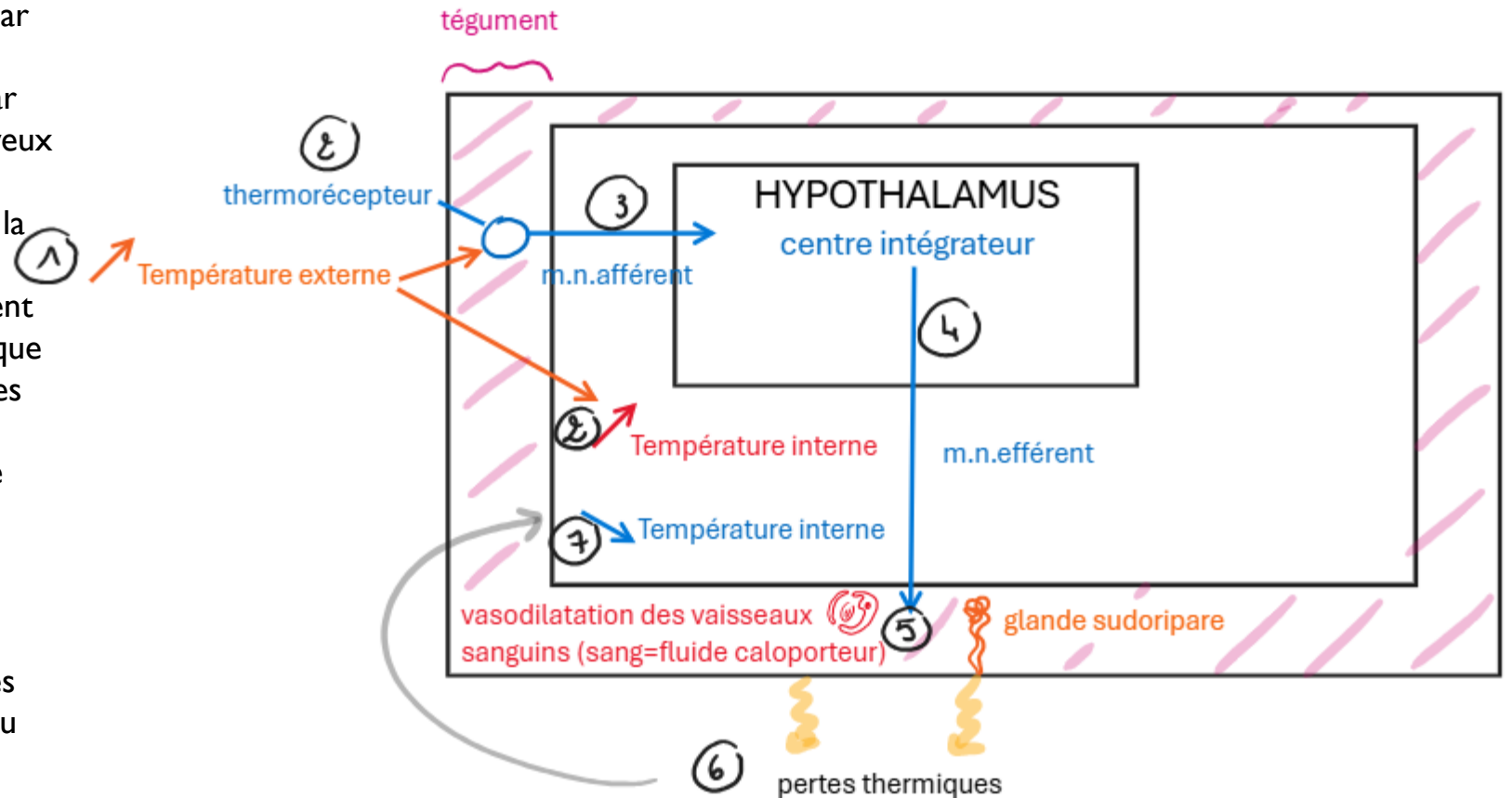


Schéma des étapes de la thermorégulation, rôles du tégument, de l'hypothalamus, du sang; exemple de boucle de régulation

PLAN DU COURS

III. Les fonctions de relation permettent de percevoir l'environnement et de réagir

- A. La vache réalise des interactions inter- et intraspécifiques
 - 1. La vache est un animal grégaire qui réalise des interactions au sein du troupeau
 - 2. La vache réalise des interactions interspécifiques
 - 3. Bilan : ces interactions ont permis la domestication
 - 4. la vache perçoit son environnement et répond aux différents stimuli
- B. Le squelette articulé et la musculature permettent les déplacements de l'organisme
 - 1. squelette axial vs squelette appendiculaire
 - 2. l'articulation autorise le mouvement de deux pièces squelettiques
 - 3. Le mouvement est assuré par les muscles antagonistes
 - 4. Le système nerveux central assure l'intégration des informations sensorielles et élabore une réponse

- C. Le tégument assure une protection (thermique et contre les pathogènes)
 - 1. structure du tégument de la vache
 - 2. les rôles du tégument de la vache (et des muqueuses)
 - 3. Le tégument participe à la thermorégulation (cf 1ère ES)
 - 4. les phanères de la vache

C. LE TÉGUMENT ASSURE UNE PROTECTION (THERMIQUE ET CONTRE LES PATHOGÈNES)

4. Les phanères de la vache

- Production visible et kératinisée par le tégument
- Protection
- Locomotion (onguligrade)
- Défense (griffe, corne)

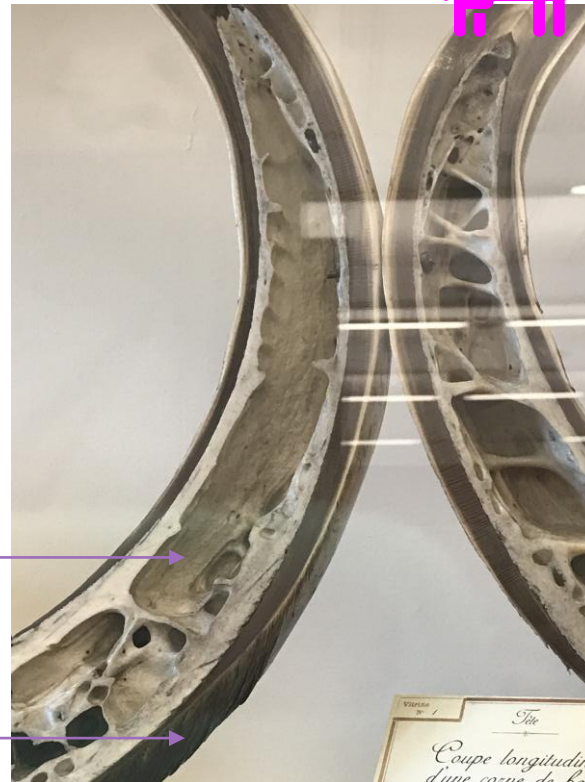


Cornillon (os)

Corne (phanère kératinisé)



Vache: cétartiodactyle (nb pair de doigts)



Coupe longitudinale de corne de bovidé musée Fragonard S. Dalaine

Taurillon écorné, race Limousine, pôle de Lanaud S. Dalaine
Écornage: 61% troupeaux de bovins

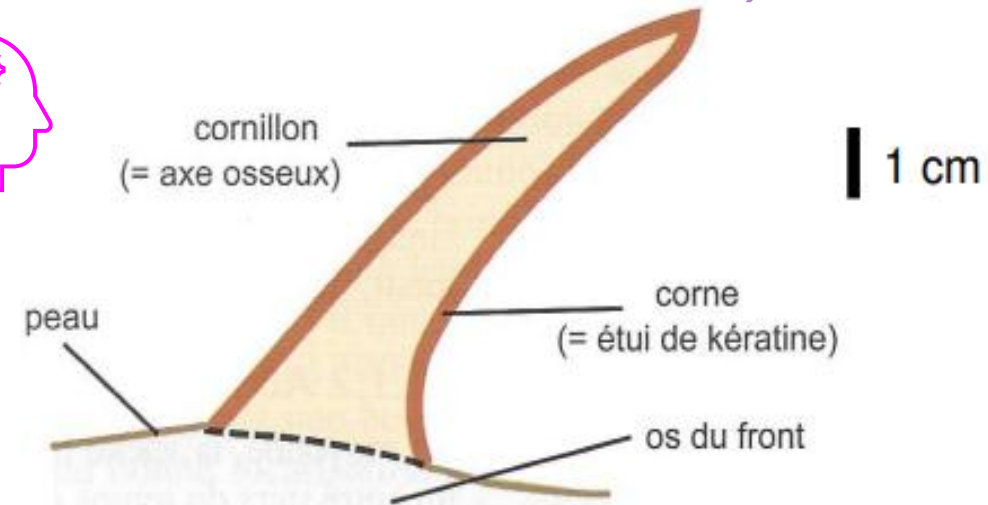
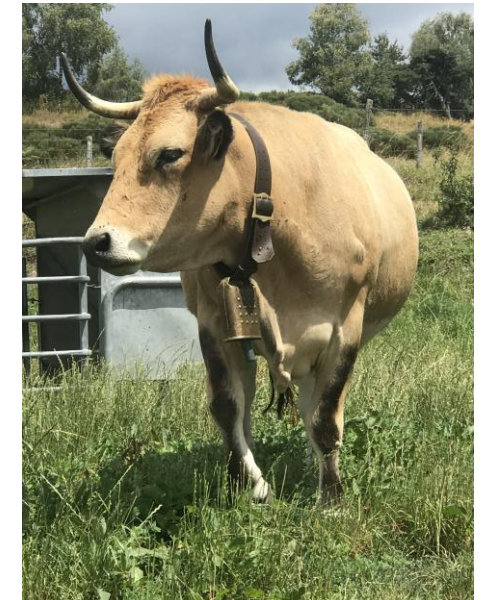


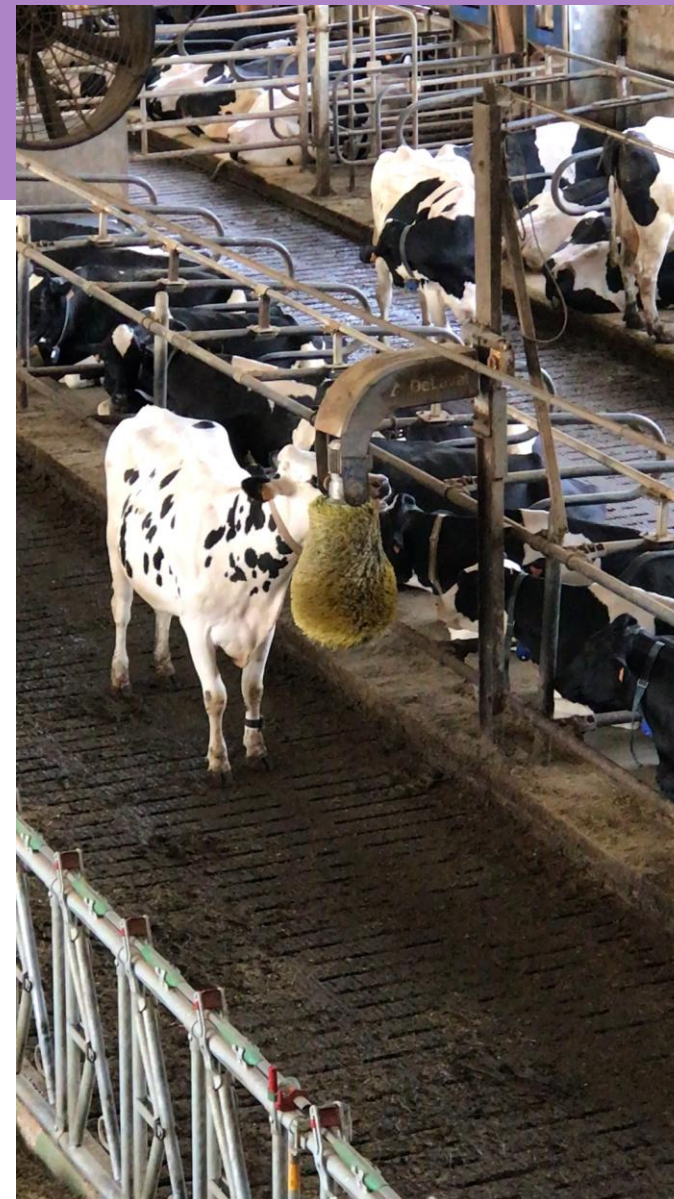
Figure : Corne de bovidé : coupe très schématique (D'après Peycru et al. 2017)



Aubrac en Lozère (S. Dalaine)

CONCLUSION

- Les différents appareils coopèrent entre eux :
 - les appareils impliqués dans la nutrition assurent également la fonction de reproduction (alimentation du veau, énergie permettant la production de gamètes...), les fonctions de relations (énergie nécessaire au déplacement)
 - les fonctions de relations permettent la nutrition : déplacement dans le pré par ex.
- Cette coopération nécessite des échanges entre les appareils : ces échanges se font grâce à l'appareil circulatoire qui, en circulant dans l'ensemble de l'organisme, assure l'approvisionnement des cellules en dioxygène et en nutriments et prend en charge les déchets du métabolisme. Il assure également une communication entre les différents appareils. (communication hormonale).
- Cette coopération met donc en évidence le rôle fondamental des surfaces d'échanges mais aussi de la circulation sanguine.



Prim'Hostein, ferme de Grignon S. Dalaine

SUJETS D'ORAUX

- Prise alimentaire et digestion chez les Animaux
- Les fonctions de nutrition des Animaux
- L'azote chez la vache
- Caractères fondamentaux et diversité des surfaces d'échanges chez les Métazoaires
- Les gaz et la vache
- À partir de l'exemple de la vache, montrez l'importance des relations inter et intra-spécifiques
- La vache et son environnement
- La place de la vache dans son écosystème
- La vache, un holobionte (2023)
- La vie animale en milieu aérien
- La vie animale en milieu aquatique
- La vache et l'Homme
- La vache un animal domestiqué
- La place dans la vache dans son écosystème (cf également SV-J)

