

**Zeitschrift:** Archives des sciences [1948-1980]  
**Herausgeber:** Société de Physique et d'Histoire Naturelle de Genève  
**Band:** 18 (1965)  
**Heft:** 2

**Artikel:** Aperçu sur l'activité du laboratoire d'anatomie et physiologie comparées  
**Autor:** Huggel, Hansjörg  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-739203>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 29.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# APERÇU SUR L'ACTIVITÉ DU LABORATOIRE D'ANATOMIE ET PHYSIOLOGIE COMPARÉES

PAR

**Hansjörg HUGGEL**

---

En cette nouvelle chaire sont unies pour la première fois en Suisse l'Anatomie et la Physiologie animales. Cette innovation permet, au moyen du microscope électronique, de coordonner étroitement le travail du morphologiste moderne avec celui du physiologiste, pour lequel les résultats fondamentaux et structurels sont indispensables. Le point de départ des recherches de ce laboratoire est donné dans l'étude de la circulation sanguine des poissons: soit la morphogenèse du cœur et du système vasculaire et sanguin, ainsi que la spécification de la fonction de ces systèmes pendant le développement. L'intérêt principal est porté sur toute contraction aidant à transporter le sang dans un corps animal; à tout mouvement contractile ainsi qu'à la structure qui lui est propre. Au moyen du microscope électronique W. Geiger poursuit l'étude de la formation des fibrilles musculaires dans le cœur embryonnaire du poisson et compare celles-ci aux grandes molécules contractiles, telles qu'on les trouve dans les spermatozoïdes au moment de leur mobilité. Toutefois, toute contraction musculaire est impensable sans qu'elle soit déclenchée par une stimulation. L'apparition de l'activité du cœur et des spermatozoïdes se présente sous forme d'un automatisme. C'est l'automatisme cardiaque, et par souci de comparaison, l'automatisme musculaire des veines, artères et des spermatozoïdes qui nous intéressent en particulier.

Les veines contractiles et automatiques dans l'aile des chauves-souris sont un excellent exemple qui démontre l'existence d'un automatisme autre que cardiaque, mais très proche de celui-ci. Tous ces organes et cellules doivent être examinés dans un milieu de composition chimique et physiologique correspondant à l'état *in vivo*. Ce milieu est souvent inconnu ou mal interprété, ce qui est le cas chez les poissons et les chauve-souris, dont la composition ionique du sang n'est que partiellement connue.

Ainsi nous étudions les ions Na, K, Ca, Mg, Cl, PO<sub>4</sub>, le glucose et les protéines dans le sang, dans le muscle et dans les embryons. Même si chaque recherche semble quelque peu éloignée l'une de l'autre, il n'est pas moins important de ne négliger aucun

facteur pouvant éclaircir la façon dont se crée la première contraction. Afin de mieux illustrer l'objet principal de nos recherches, soit le cœur embryonnaire des poissons, il faut s'imaginer être en présence d'un tube possédant une longueur de 1 à 1,5 mm et un diamètre de 0,2 à 0,4 mm. C'est donc un objet extrêmement petit, mais qui par sa présentation simple sous forme de tube fermé, permet de suivre pas par pas les différentes transformations morphologiques et physiologiques.

Ce tube uniforme subit différentes transformations au cours de la morphogenèse de l'embryon. Entre les stades Somites (So) 25 à 35, on assiste à un allongement et à un élargissement de ce tube, et on aperçoit vaguement l'ébauche de la future cavité cardiaque. A partir des stades So 39 à 49, le tube forme un coude, qui se transforme progressivement en S dans le stade 54 So et atteint sa position définitive au stade So 67. Cette position permet déjà de reconnaître l'emplacement des futures parties du cœur, soit le sinus veineux, l'atrium, le ventricule et le bulbe aortique.

Toutes ces modifications décrites ne se succèdent que très lentement, étalées sur quelques semaines, contrairement au cœur embryonnaire du poulet, chez lequel tout le processus ne dure que quelques heures.

Grâce à une résistance appréciable qui lui permet de survivre jusqu'à 24 heures dans une solution physiologique adéquate, il a été possible de déterminer, par des ligatures, l'emplacement exact des premières contractions. Si l'on applique sur un cœur du stade So 35, 4 à 5 ligatures réparties sur toute la longueur, l'on constatera que seule une petite partie située au milieu du tube cardiaque montre des contractions. Toutefois, cette petite zone de contractilité se révèle être hétérogène, c'est-à-dire de posséder un endroit de haute fréquence et un endroit de basse fréquence.

L'extension du pouvoir automatique est graduelle dès les premières révolutions cardiaques. Le résultat est un gradient veineux-artériel. Simultanément avec le déploiement du gradient d'automatisme sur l'ensemble du cœur, tout le muscle acquiert la contractilité. En même temps, ce pouvoir automatique augmente graduellement jusqu'au moment de l'innervation, ce qui veut dire que la fréquence par minute monte de 30 à 100 battements. Le gradient ne perd jamais son orientation veineuse-artérielle et de cette façon le sinus possédera une prédominance indiscutable par sa haute fréquence; on appelle cette région, désormais, la région du *pace-maker*.

Dans les stades plus avancés, après l'innervation, l'augmentation de la fréquence cardiaque continue, bien que certaines régions perdent leur potentialité de pulsation. Le cœur se scinde ainsi en 2 ou 3 régions qui gardent leur puissance automatique et deviennent des centres d'automatisme. Les zones où l'on assiste à une perte d'automatisme coïncident avec les zones particulièrement musculeuses. Pour résumer ces quelques observations, il faut retenir que l'emplacement des premières contractions se trouve, chez tous les vertébrés, au milieu du cœur, et que la propriété d'automatisme est acquise finalement par l'ensemble du tissu cardiaque, mais que ce sont toujours les zones veineuses qui produisent la plus haute fréquence. La règle est donc, que l'endroit produisant la plus haute fréquence, prédominera.

L'observation de la cellule vivante se fait au moyen du contraste de phase microscopique et la lumière polarisée, qui permet de déceler l'existence d'inclusions organisées semi-cristalloïdes qui contiennent les grandes molécules contractiles.

L'image au microscope électronique nous révèle l'existence de filaments striés flottant librement à l'intérieur du cytoplasme comme de fins fils. Ces filaments doivent se grouper en myofibrilles courtes, fait que révèle le microscope, à la lumière polarisée. Le mécanisme de regroupement des filaments et le rattachement final des myofibrilles courtes entre elles, pour former les premières longues fibres musculaires, embryonnaires, sont à l'étude.

A l'échelon du microscope on observe, dès 60 somites, des éléments fibrillaires striés apparaissant à l'intérieur de quelques myoblastes. Cette image de poussée fibrillaire rappelle beaucoup la régénération musculaire. La striation transversale correspond à un stade préliminaire, puisqu'elle est sans bandes Z et H et que les bandes I et A sont mal délimitées. Les myoblastes en activité semblent provenir d'un tissu homogène de type épithélial.

Quelques cellules nettement différentes des autres, parce que plus transparentes et plus grandes, de forme arrondie, envoient des prolongements en profondeur. Ces cellules sont particulièrement contractiles et provoquent un mouvement de l'épithélium externe et interne. L'origine des cellules contractiles ne provient donc pas de l'un ou l'autre des épithèles, mais d'un épithélium unique et commun aux couches extérieures et intérieures futures. La différenciation de ce tissu embryonnaire en tissu ventriculaire, auriculaire, etc., est particulièrement visible au contraste de phase. Les myofibrilles définitives se forment, leur nombre s'accroît. Toutefois, les images sont telles qu'on est forcé d'admettre qu'il existe une deuxième phase de différenciation qui ne parcourt plus le stade embryonnaire mais possède un mécanisme particulier à la croissance post-embryonnaire. Le principal et dernier pas, pendant ce développement, est la création de ramifications directes des myofibrilles, de cellule en cellule. La structure particulière de rattachement, le disque intercalaire, se forme bien plus tard.

Grâce à une nouvelle méthode d'enregistrement de la pression intracardiaque, il est possible de mesurer le travail fourni par le cœur. Bien que cette recherche soit encore en cours, il est possible d'en tracer les grandes lignes.

Les cœurs embryonnaires, isolés et maintenus dans une solution physiologique adéquate, sont soumis à des pressions variant de 0 à 7 cm de colonne d'eau. Les premiers stades que nous avons analysés ne supportent que 2 cm de pression intracardiaque. Au cours du développement, le tissu accuse une plus grande résistance et on assiste à une dissociation de la pression physiologique idéale et de la pression maximale supportée.

Dans les stades précoces, l'amplitude maximale est rapidement atteinte et le cœur fléchit à la suite de sa faible résistance tissulaire. Sous l'influence de la pression, le tube se gonfle et se transforme en un véritable micro-ballon qui continue à se

contracter sans éclater. Ces stades possèdent une curieuse propriété élastique qui nous rappelle beaucoup l'élasticité des muscles lisses des vaisseaux et fait également l'objet d'analyses plus approfondies.

Le travail livré par contraction augmente de  $9 \times 10^{-5}$  à  $3 \times 10^{-2}$  erg entre un stade précoce et un stade embryonnaire avancé. En conclusion, on peut dire que le cœur embryonnaire, avec une structure sans rattachement par disques intercalaires, ne peut pas supporter ni développer une haute pression artérielle. Le travail cardiaque, à ce stade, est extrêmement faible. Le cœur présente une situation isotonique, c'est-à-dire qu'il développe avant tout un gros travail au niveau du volume mais pas un travail de pression. Mais, au cours de la différenciation, chaque étape correspond à une situation particulière et le travail cardiaque est totalement différent d'échelon en échelon, de sorte que nous pouvons très exactement rattacher à chaque situation morphologique un travail physiologique particulier. L'accroissement du travail cardiaque, de la fréquence des pulsations, de l'irritabilité de ce tissu et la sensibilité envers les hormones naturelles, comme l'acétylcholine, sont dues, d'une part aux changements structurels décrits plus haut, et d'autre part, à la composition chimique du milieu intra et extra-cellulaire. Au début, le cœur travaille sans qu'il y ait une circulation sanguine, puis celle-ci s'établit lentement, d'abord sans hémoglobine et avec peu de globules sanguins. La composition, autant du milieu intra que extra-cellulaire, change fortement pendant ce développement, essentiellement par une augmentation de la concentration du Na (sodium) extracellulaire ou sanguine et par le rapport du K (potassium) intra-cellulaire et du sodium extracellulaire. La richesse en Ca, Mg, phosphate, glucose et protéines varie également pendant cette phase de différenciation. La situation finale, à l'état adulte, se rapproche de celle des mammifères, contrairement à ce que des travaux antérieurs ont laissé supposer.

L'analyse chimique du sang de la truite adulte montre les résultats suivants: les valeurs du Na sont presque aussi hautes que chez les mammifères, soit 135-145 meq/l de sodium chez le poisson contre 160 chez les mammifères, la teneur en K (potassium) est approximativement égale, soit 4,5 meq; le calcium et les phosphates accusent 12 et 15 mg/100 ml.

Jusqu'à ce jour nous avons trouvé principalement que la valeur du sodium sanguin du tissu cardiaque homogénéisé est de 65 meq. et celui d'un embryon entier homogénéisé de 40 meq.

Si le rapport K: Na change et que le cœur bat automatiquement sous les différentes concentrations ioniques, nous pouvons admettre que les lois physiologiques changent de stade en stade et que l'irritabilité du tissu cardiaque embryonnaire n'est pas seulement le résultat des charges ioniques au niveau de la membrane cellulaire, mais bien le résultat de particularités structurelles qui existent déjà à l'état primitif.

Récemment, nous avons pu étendre l'analyse du magnésium (Mg) grâce à la nouvelle méthode de l'absorption atomique. Le sang du poisson adulte accuse des valeurs très élevées en Mg. Des variations saisonnières ou physiologiques par l'effet

d'hormones par exemple, sont constatées chez la chauve-souris hibernante (forte augmentation) et chez les mammifères. Le Mg varie plus que le calcium.

Le Mg sanguin agit avant tout sur la coagulation sanguine et, par un effet secondaire, sur la musculature lisse. Les taux élevés de Mg sanguin chez le poisson et la chauve-souris hibernante, ainsi que les variations de concentration chez les mammifères, doivent avoir une signification physiologique qui fait l'objet de recherches. Nous utilisons le dosage direct du Mg sanguin et la coagulation sanguine comme test de ces variations.

Pour conclure on peut dire, que la physiologie comparée ralliée à l'anatomie comparée pré-existante donne à celle-ci une importance nouvelle et plus adaptée à la recherche moderne.

*Laboratoire d'Anatomie et Physiologie comparées  
de l'Université de Genève.*

---