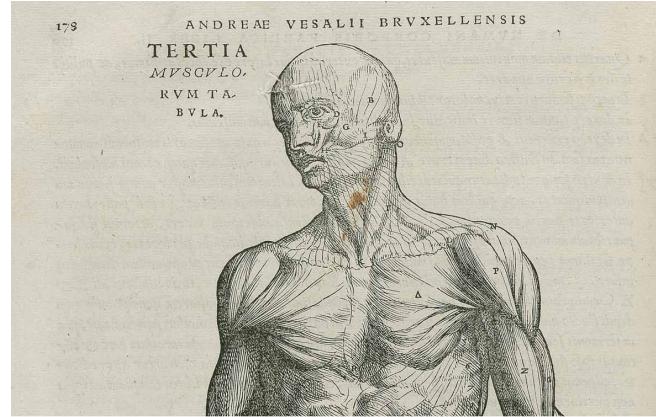
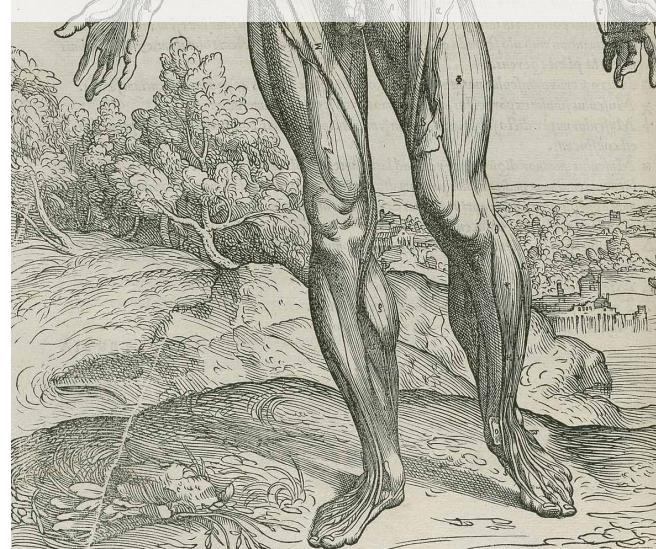


Physiologie par systèmes II



Structure, fonction, régulation des systèmes du corps humain



EPFL

Dr Sylvain ROY, MD, PhD

Edition 2020

Chapitre 1

Introduction

Système cardiovasculaire

Introduction au système cardiovasculaire
Rappels anatomiques et structures
Fonction cardiaque
Fonction réseau vasculaire
Régulation intégrée
Conclusion Exercices

Système digestif

Introduction au système digestif
Rappels anatomiques et structures
Fonction du péristaltisme digestif
Fonction de la digestion, du foie et absorption des aliments
Régulation intégrée
Conclusion Exercises

Système rénal

Introduction au système rénal
Rappels anatomiques et structures
Fonction du néphron et filtration glomérulaire
Formation de l'urine
Régulation intégrée
Conclusion Exercices

Métabolisme

Introduction au métabolisme
Rappels structure de base
Fonction du métabolisme glucide lipides
Régulation du métabolisme
Thermorégulation
Conclusion

Système respiratoire

Introduction au système respiratoire
Rappels anatomiques et structures
Fonction de la mécanique ventilatoire
Fonction des échanges gazeux
Régulation intégrée
Conclusion Exercices

Endocrinologie

Introduction au système endocrinien
Rappels anatomiques et structure
Fonction des hormones
Régulation du système endocrinien
Conclusion

<http://moodle.epfl.ch>

Moodle password

PhysSyst20

<https://responseware.eu>

TurningPoint®



1

Introduction

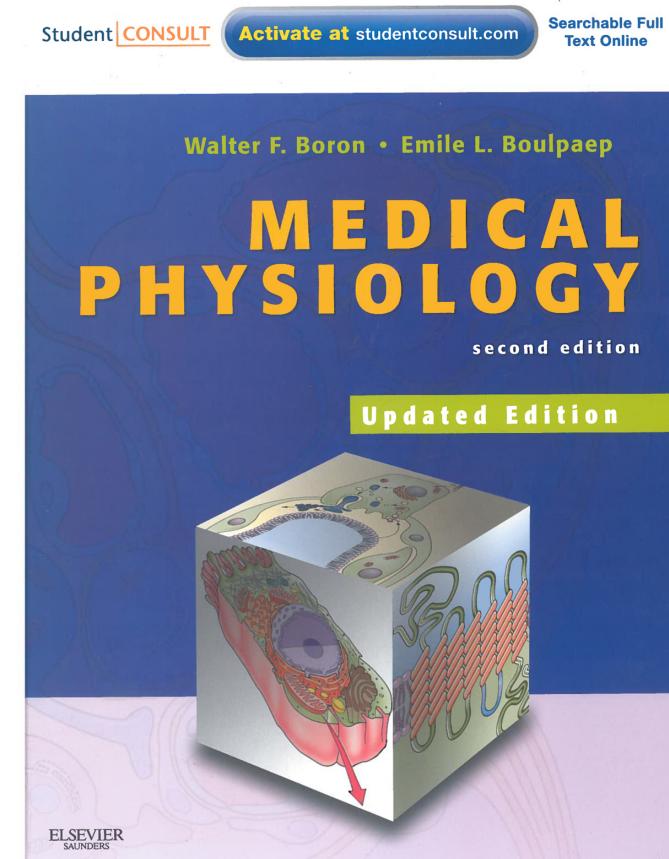
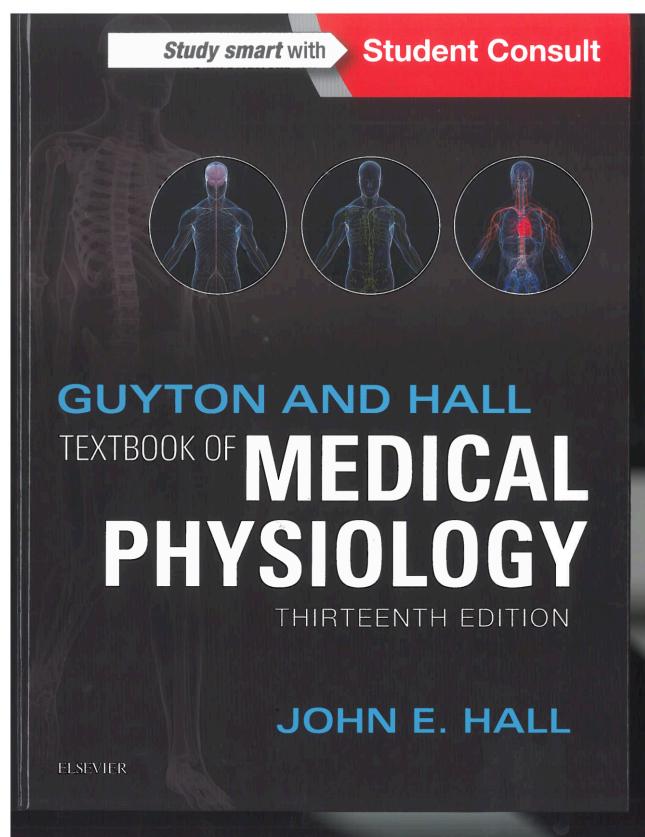
Structure

Fonction

Régulation

Conclusion

Livres de référence



Objectifs à atteindre

- Apprendre les **concepts de base**, le **vocabulaire** et le **mode de réflexion** à propos du fonctionnement du **corps humain** afin de posséder la culture biomédicale nécessaire pour travailler dans une équipe pluridisciplinaire dans le domaine des sciences et technologies biomédicales.
- Intégrer les **relations entre les structures cellulaires et leurs fonctions dans le cadre du corps humain**.
- Intégrer en un **système complexe**, **le corps humain**, d'importants concepts tels que la plasticité cellulaire, l'échange d'information, les messagers chimiques, les senseurs, les boucles de régulation, les centres d'intégration, nécessaires à l'introduction à la biologie par système.
- Comprendre les principes de **l'anatomie**, **l'histologie**, et **la physiologie expérimentale** et se familiariser avec les techniques courantes utilisées en biologie, pharmacologie et médecine.
- Maîtriser le fonctionnement et l'importance des systèmes circulatoire, rénal, respiratoire, digestif, métabolique intégré et endocrinien.

Règles aux cours

- Les cours **commencent à l'heure!**
- Pas de bavardages!
- Pas de bruit de fond ou de brouhaha!
- **PAS DE NATEL!**



EXAMENS

- Durée: 3 h.
- Ecrit; droit aux documents de cours et personnel (pas d'aide externe!)
- QCM type A, type K, type E; Question-Réponse ouverte courte QROC

EXAMENS

- Exemples: Question type A

Cherchez la réponse juste: le fonctionnement du cœur :

- A dépend d'une activité rythmique automatique déclenché par le nœud atrio-ventriculaire
- B implique un volume d'éjection constant
- C dépend d'un métabolisme aérobie et anaérobie
- D est accéléré par une diminution de l'activité parasympathique
- E est insensible aux changements de concentration de K⁺ dans le sang

- Exemples: Question type K

Le péristaltisme intestinal est gouverné par

- 1 des cellules pace-maker (ICC) dont les spikes sont dus aux canaux Na⁺-Ca²⁺
- 2 est inhibé par le système sympathique
- 3 est stimulé par des signaux d'irritation intestinale
- 4 est gouverné par un arc réflexe local causant le relâchement d'acétylcholine en amont et de VIP en aval causant respectivement une contraction et relaxation de la musculature lisse de l'intestin

A
1+2+3

B
1+3

C
2+4

D
4

E
1+2+3+4

EXAMENS

- Exemples: Question type E
 - a) Le système sympathique accélère le rythme cardiaque en augmentant la contractilité des cardiomyocytes
parce qu'
 - b)
en augmentant l'entrée de Ca^{2+} il accélère la dépolarisation des cardiomyocytes
- | | | | | |
|---------------|-------|-------|-------|-------|
| A | B | C | D | E |
| + parce que + | + / + | + / - | - / + | - / - |

- Exemples: Question type QROC

Expliquer à la lumière de vos connaissances de la physiologie rénale quelle pourrait être la différence de fonction entre les néphrons corticaux et les néphrons médullaires

QU'EST-CE LA PHYSIOLOGIE?

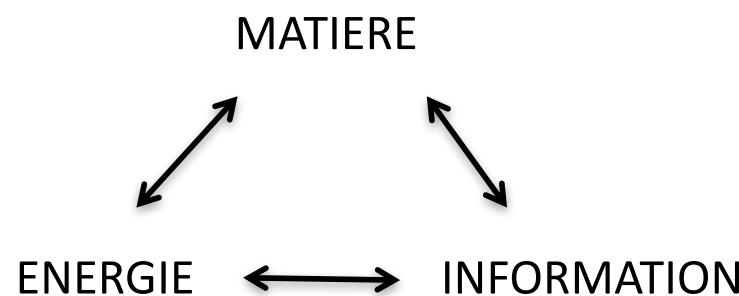
- Etude du fonctionnement **NORMAL** des différents systèmes du corps humain
- Connaissance des limites du domaine de fonctionnement normal
- Etude de la régulation des systèmes dans le domaine normal
- Cours SV EPFL: Interface médecins \leftrightarrow ingénieurs

Matière Flux de matière IN-OUT; Transformation; Stockage

Energie Absorption ; Transformation; Production

Information Création; Transformation; Utilisation

GESTION Matière – Energie - Information

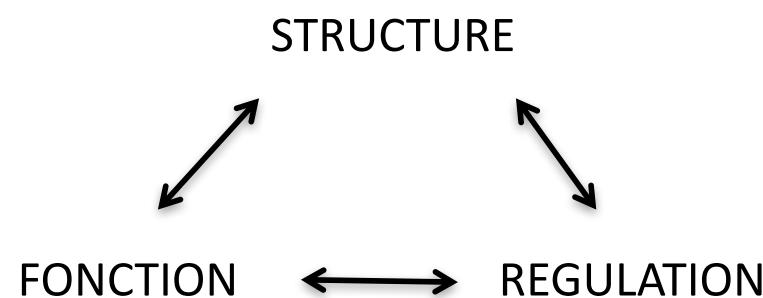


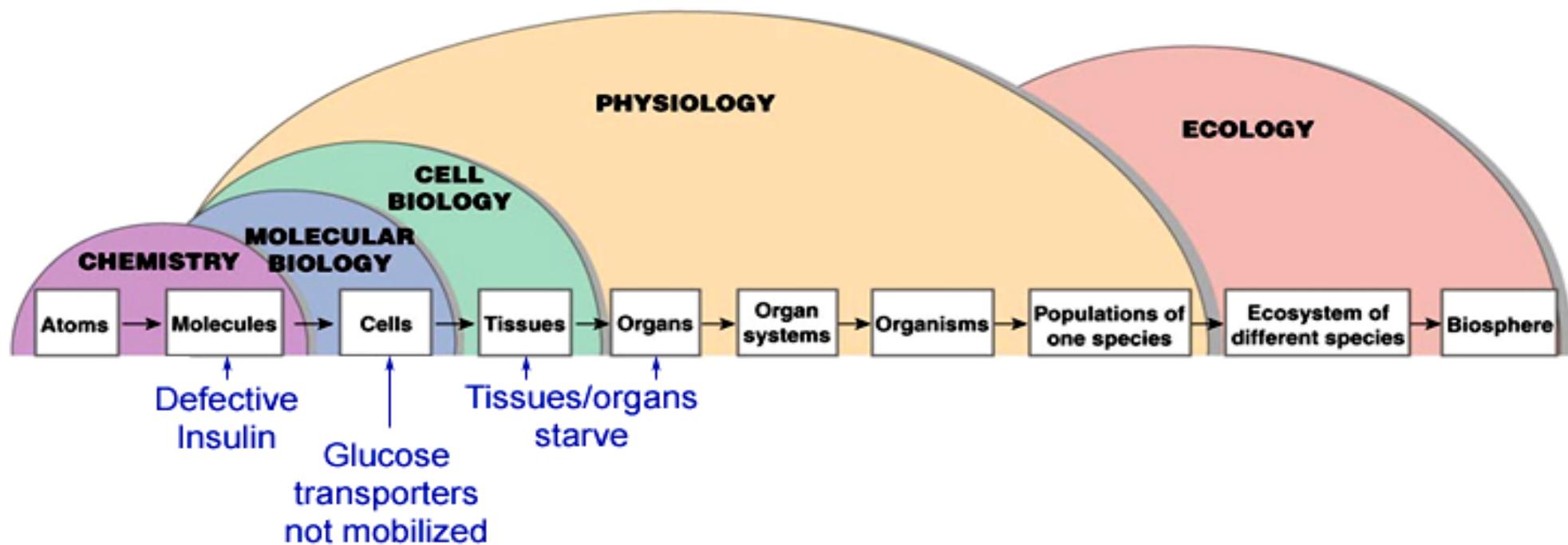
Matière → Structure

Energie → Fonctionnement

Information → Régulation

HOMEOSTASIE Structure – Fonction - Régulation





Copyright © 2007 Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.

Echelle de taille 0.3 nm canaux K⁺ ; 10 nm paroi plasmatique ; 10 µm cellule
→ 1 m nerf sciatique

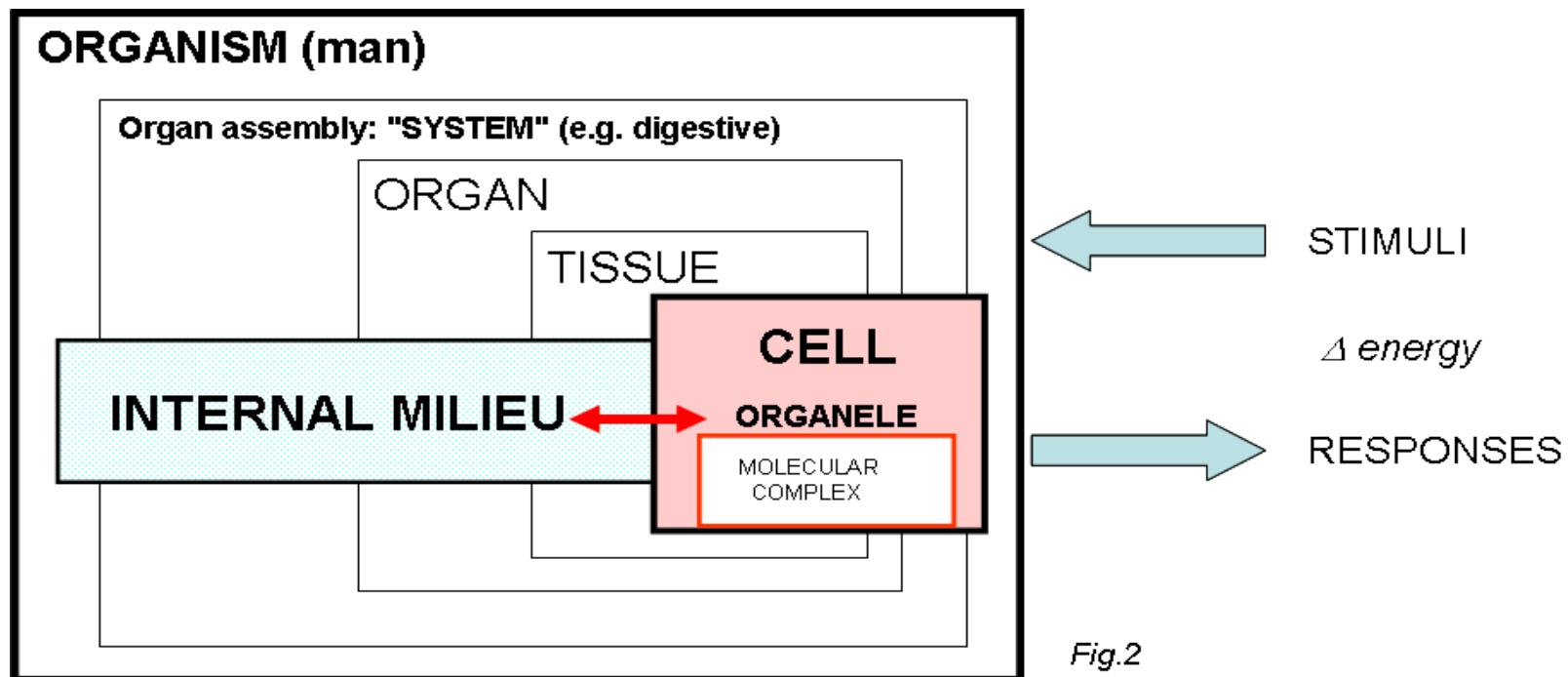
Echelle de temps 1 ms temps ouverture canal ; 10 ms dépolarisation muscle
→ 95-100 ans

Echelle de vitesse 10 nm/s flux axonal ; 1-100 m/s conduction nerveuse; 340 m/s
onde de pression

Echelle de force 0.5 nN actine ; 0.5 µN fibre musculaire
→ 800 N quadriceps fémoral

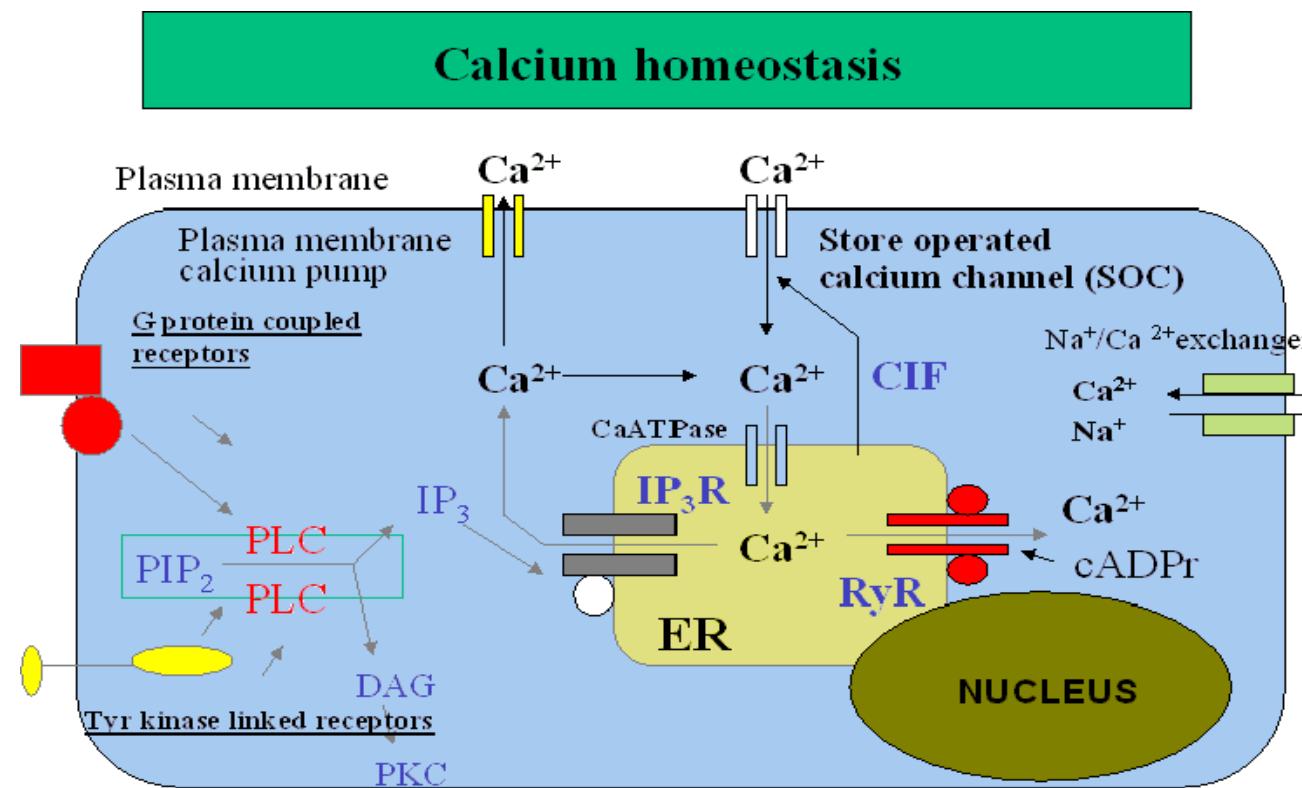
Echelle d'énergie 1exp-19 J ATP ; 1.5 J contraction cardiaque
→ 600 J effort instantané

Organisation des systèmes
Fonctionnement des systèmes

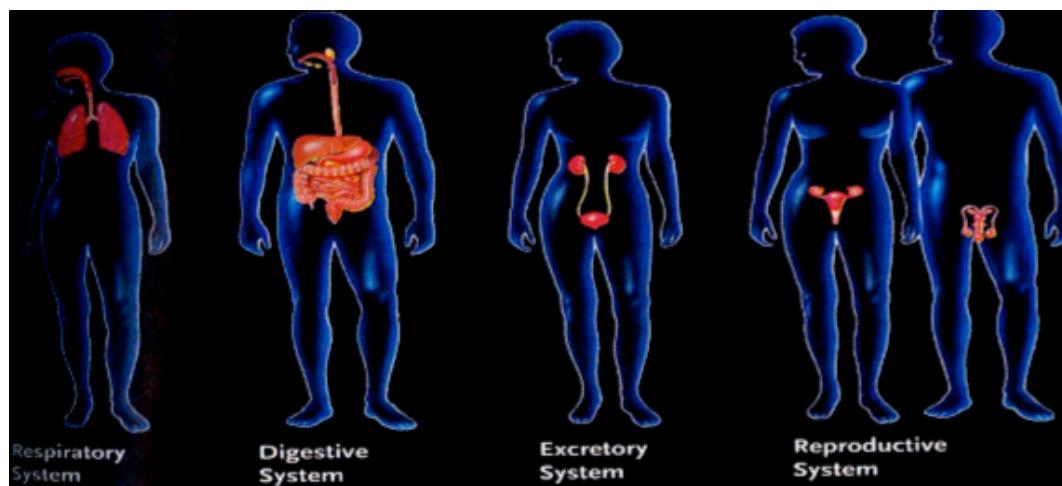
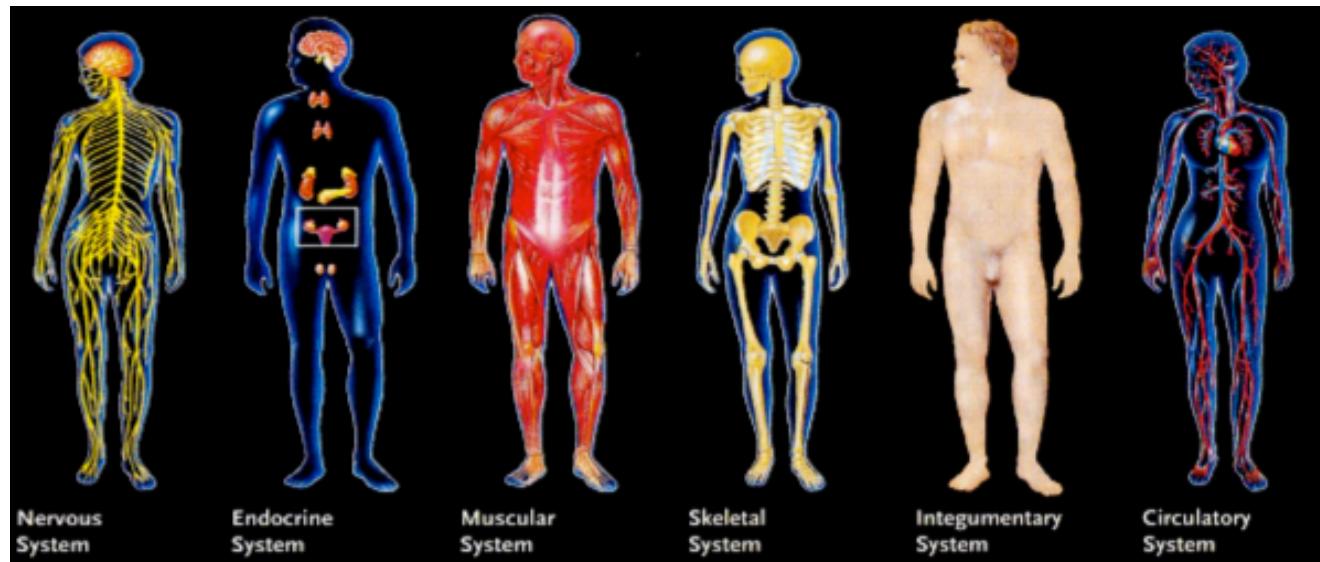


Organisation des systèmes

Adaptation aux variations de conditions



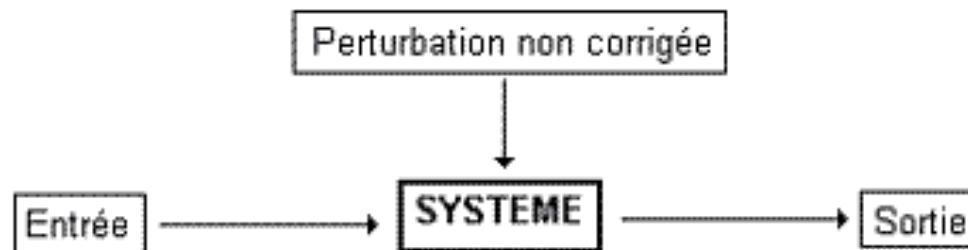
Organisation des systèmes Fonctionnement des systèmes



Systèmes de régulation

Boucle ouverte

1 - Boucle ouverte : Système non asservi

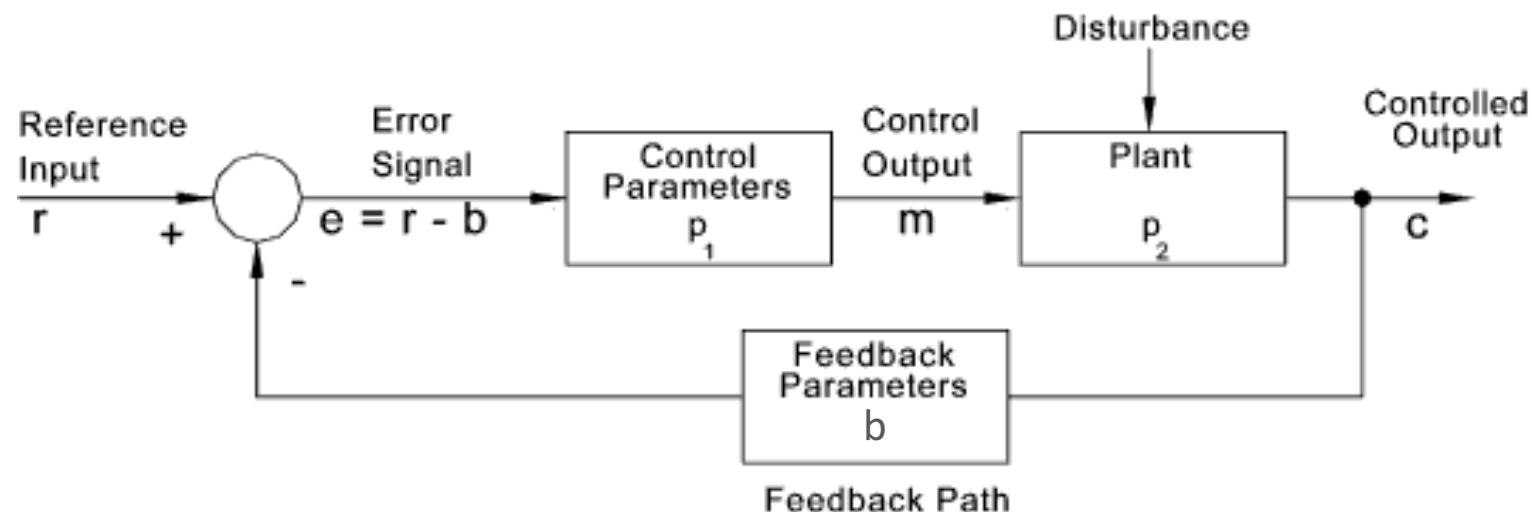
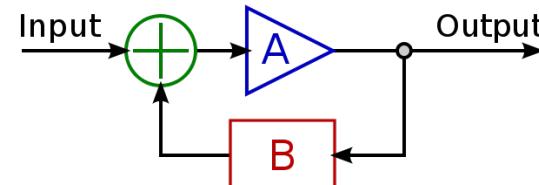


Dans ce cas, le signal de sortie est différent du signal d'entrée.

Systèmes de régulation

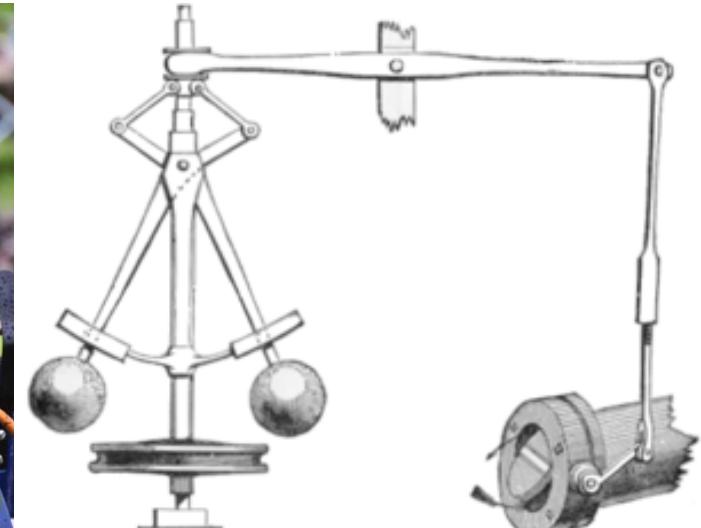
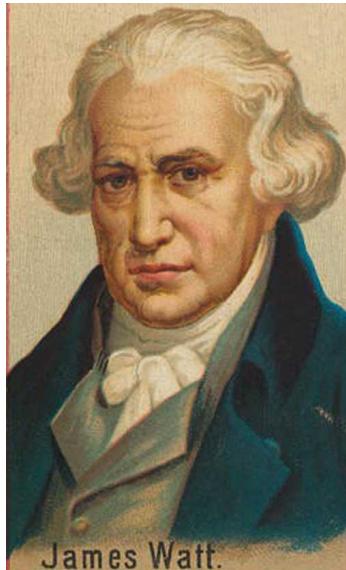
Boucle fermée

PID



Systèmes de régulation

Régulateur à boules James Watt (1788)



Systèmes de régulation

Couplage substrat/ligand ⇌ récepteurs chimiques

Capteurs dimensions physiques force, déplacement, température

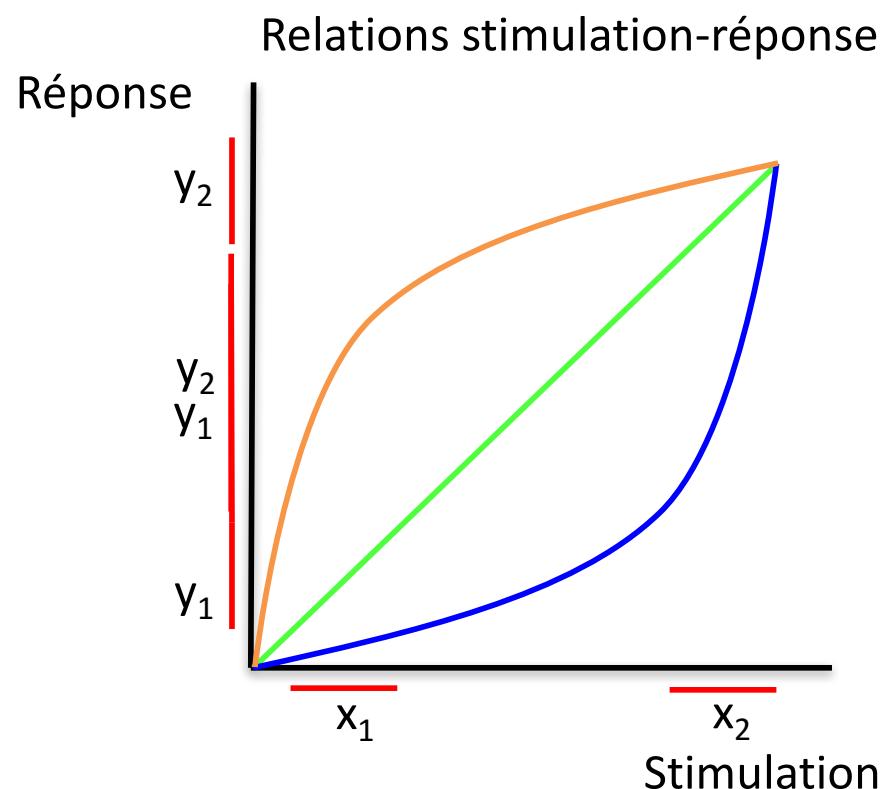
Etat d'équilibre $\Delta E \approx 0$ $S = 0$

Etat stationnaire $\Delta E > 0$ $S > 0$

Correction[†] = agir sur le même paramètre; de signe opposé

Compensation[†] = agir sur un autre paramètre; antagoniste

†Complète/Partielle



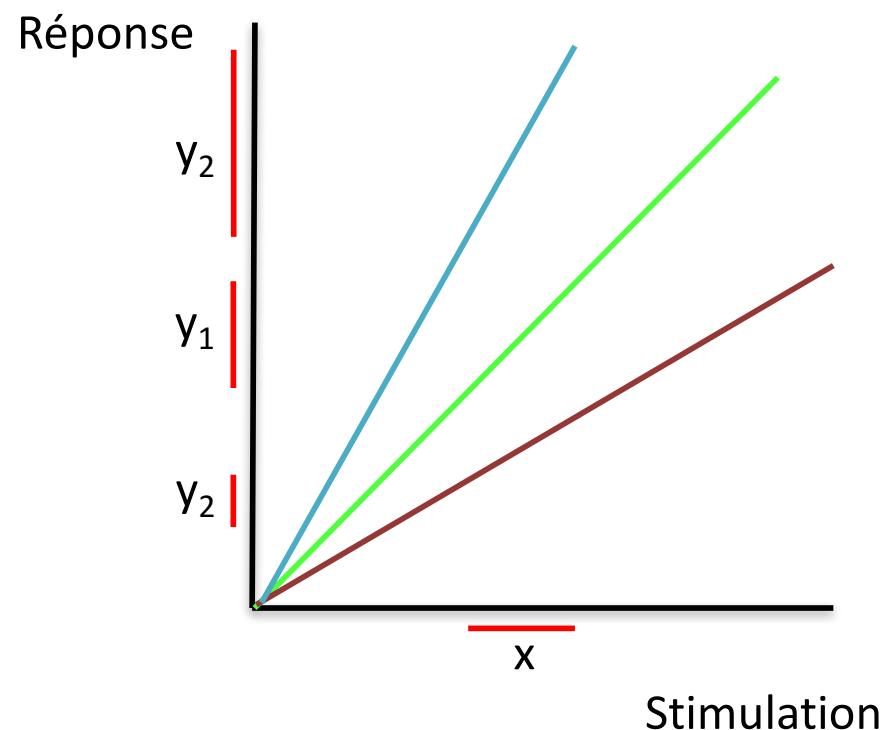
Proportionnalité

$$\text{Si } x_1 = x_2 \text{ alors } y_1 = y_2$$

Non-proportionnelle

$$\text{Si } x_1 = x_2 \text{ alors } y_1 < y_2$$

$$\text{Si } x_1 = x_2 \text{ alors } y_1 > y_2$$



Linéarité

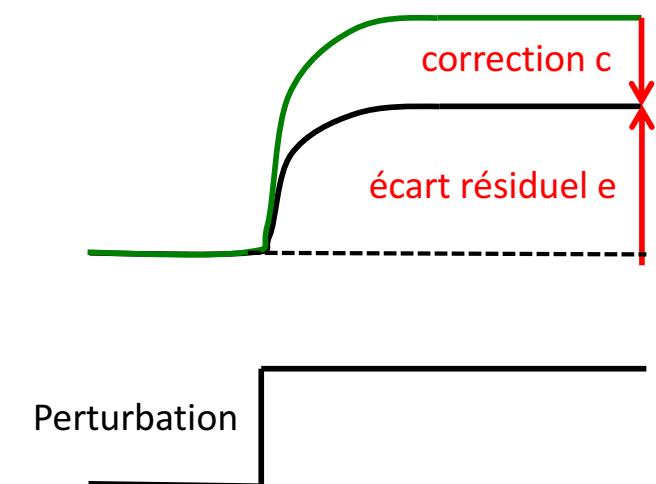
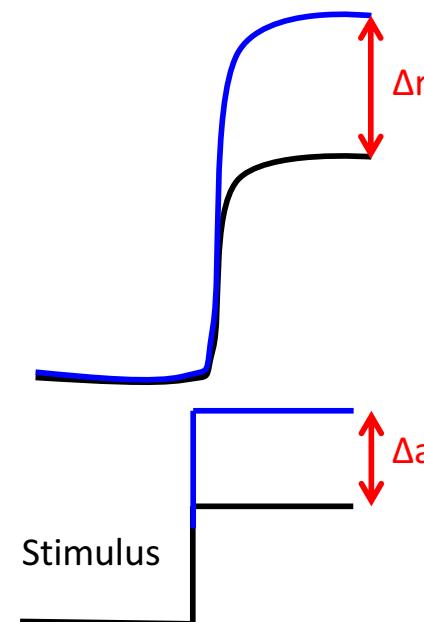
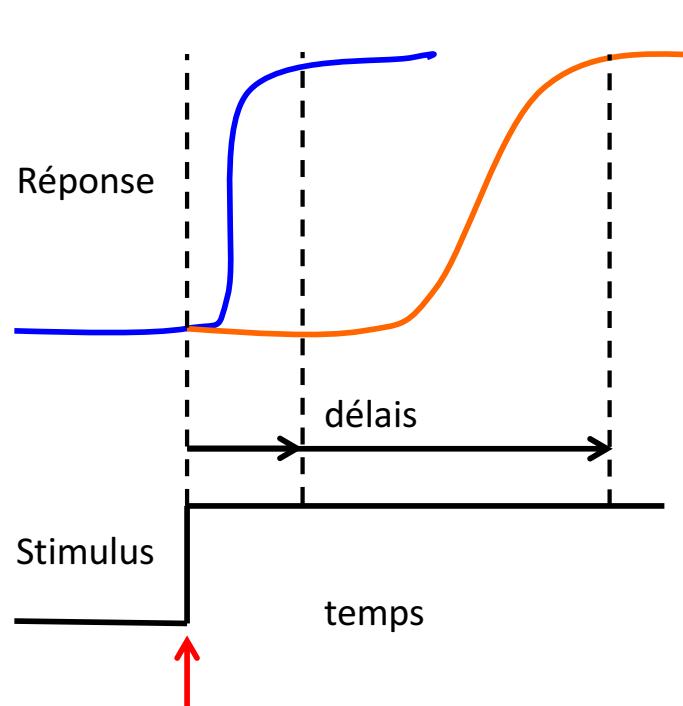
$$\text{Pente} = 1 \text{ alors } y_1 = x$$

Linéarité Pente $\neq 1$

$$\text{Pente} < 1 \text{ alors } y_2 < x$$

$$\text{Pente} > 1 \text{ alors } y_2 > x$$

Types de réponses à un stimulus



Transduction du signal

Messager primaire: Protéine G sous-unité $\alpha_{s/i}$; β ; γ
2 états: inactif GDP ; actif GTP

Interaction spécifique Récepteur-Ligand

Sous-unité α_s stimulation vs. α_i inhibition

Activation sous-unité α_s → relâchement GDP, fixe GTP, quitte $\beta\gamma$
Sous-unité α_s se lie à Adenylyl cyclase ⇒ conversion ATP → AMP_c ↑

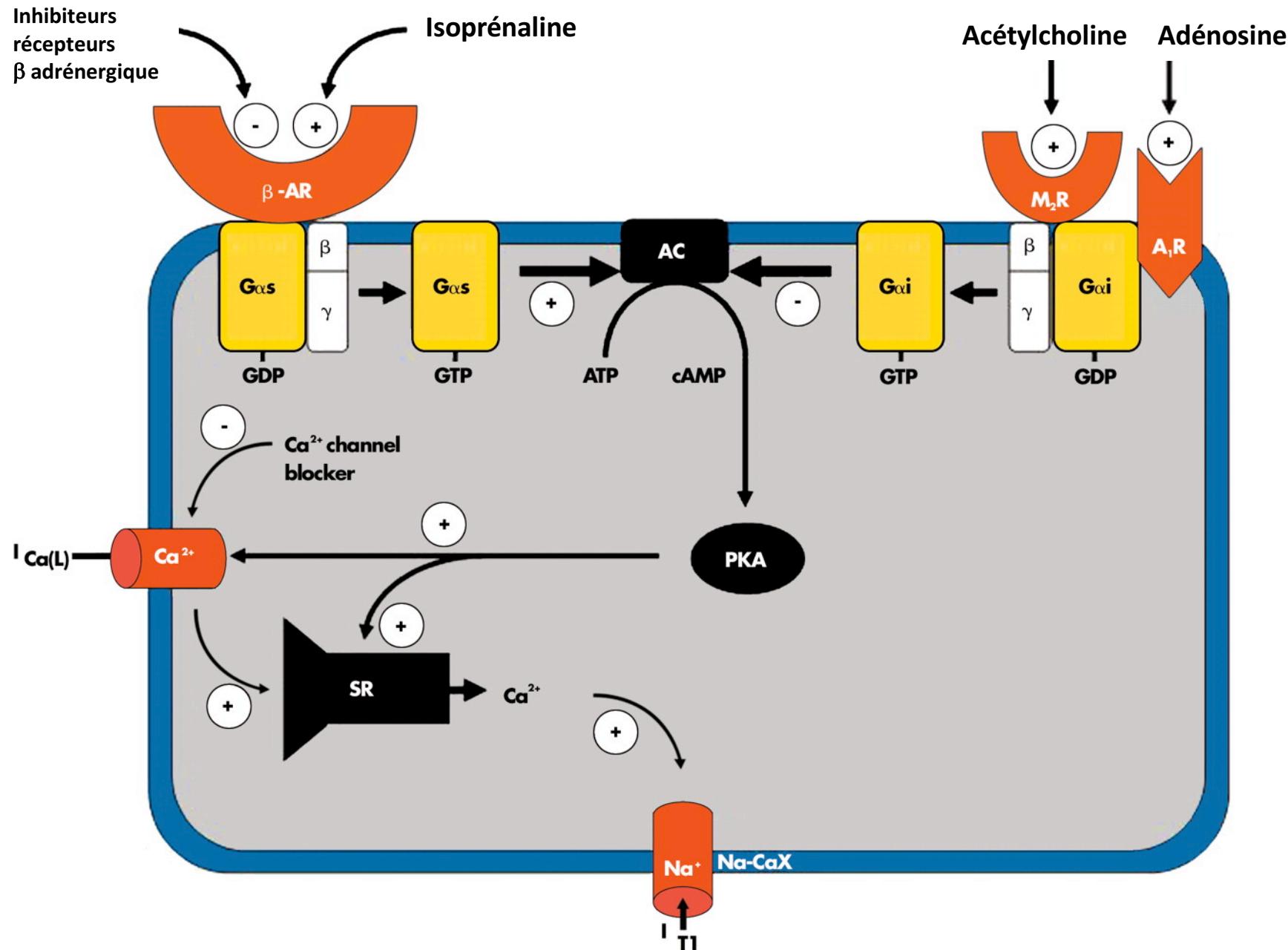
Message secondaire: AMP_c interaction avec Protéine Kinase
Protéine Kinase AMP_c dépendante: PK-A

2 sous-unités de régulation R : fixent 4 molécules AMP_c

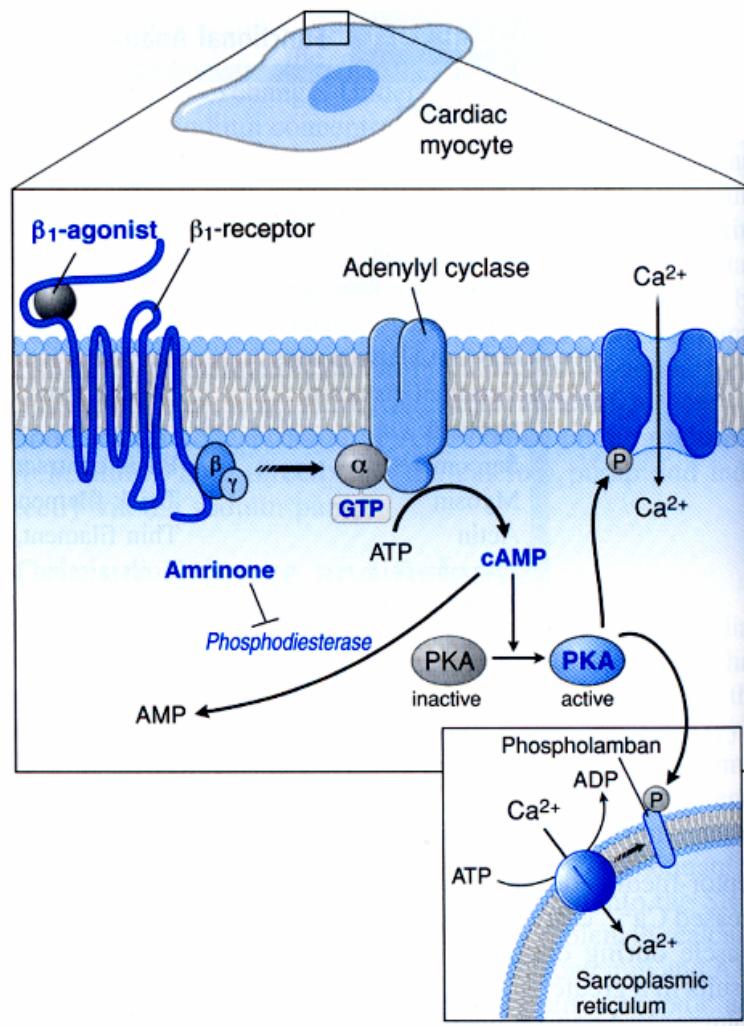
2 sous-unités catalytique C : site de réaction catalytique

4 AMP_c fixées sur 2 sous-unités R \Rightarrow libération sous-unités C \Rightarrow activation

Sous-unités C: phosphorylation protéines sur résidus sérine- thréonine
Phospholamban
Troponine I



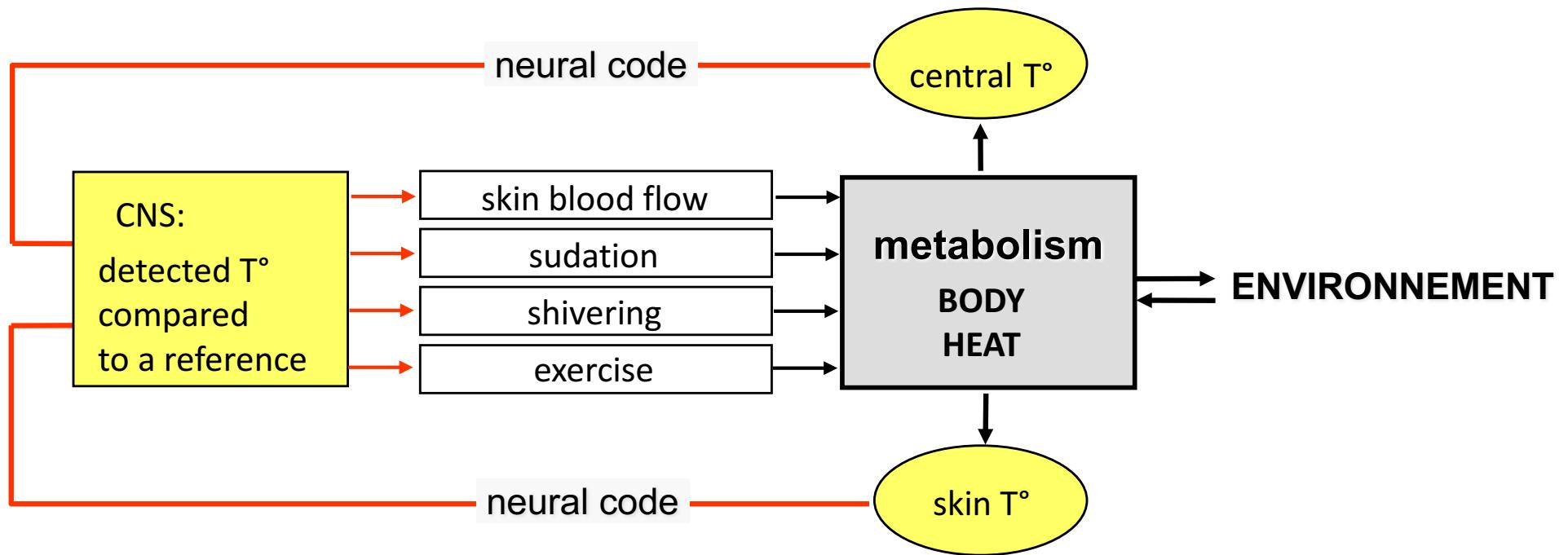
Exemple de régulation de la contraction cardiaque



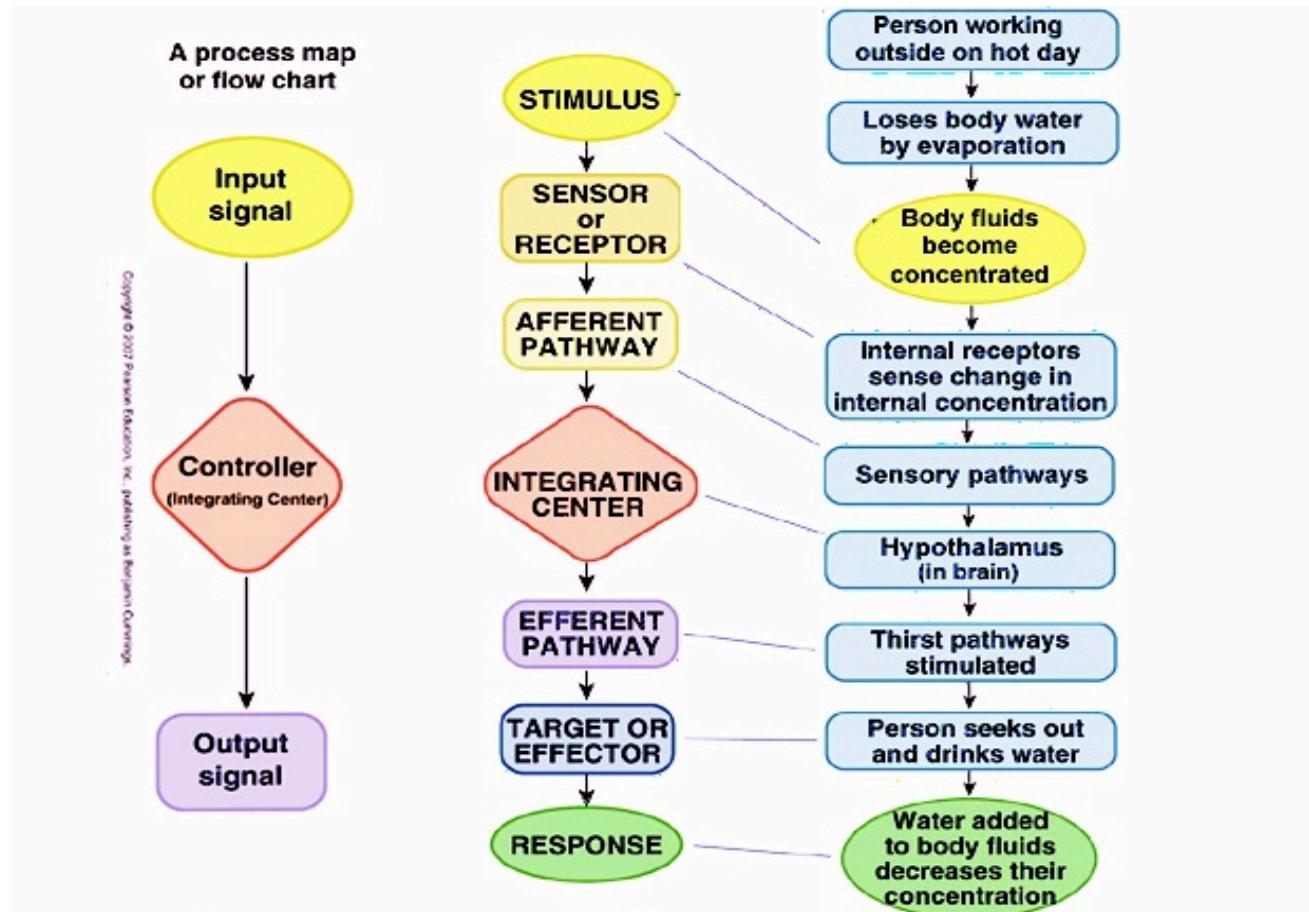
Regulation of cardiac contractility by β -adrenergic receptors. β -Adrenergic receptors increase cardiac myocyte contractility but also enhance relaxation. Binding of an endogenous or exogenous agonist to β_1 -adrenergic receptors on the surface of cardiac myocytes causes $G\alpha$ proteins to activate adenylyl cyclase, which in turn catalyzes the conversion of ATP to cAMP. cAMP activates multiple protein kinases, including protein kinase A (PKA). PKA phosphorylates and activates sarcolemmal Ca²⁺ channels and thereby increases cardiac myocyte contractility. PKA also phosphorylates phospholamban. The SERCA pump becomes disinhibited and pumps Ca²⁺ into the sarcoplasmic reticulum; the increased rate of Ca²⁺ sequestration enhances cardiac myocyte relaxation. cAMP is converted to AMP by phosphodiesterase, resulting in termination of β_1 -adrenergic receptor-mediated actions. The phosphodiesterase is inhibited by amrinone, a drug that can be used in the treatment of heart failure.

SERCA: sarco/endoplasmic reticulum Ca²⁺ pump

Modèle de thermorégulation dans le corps humain

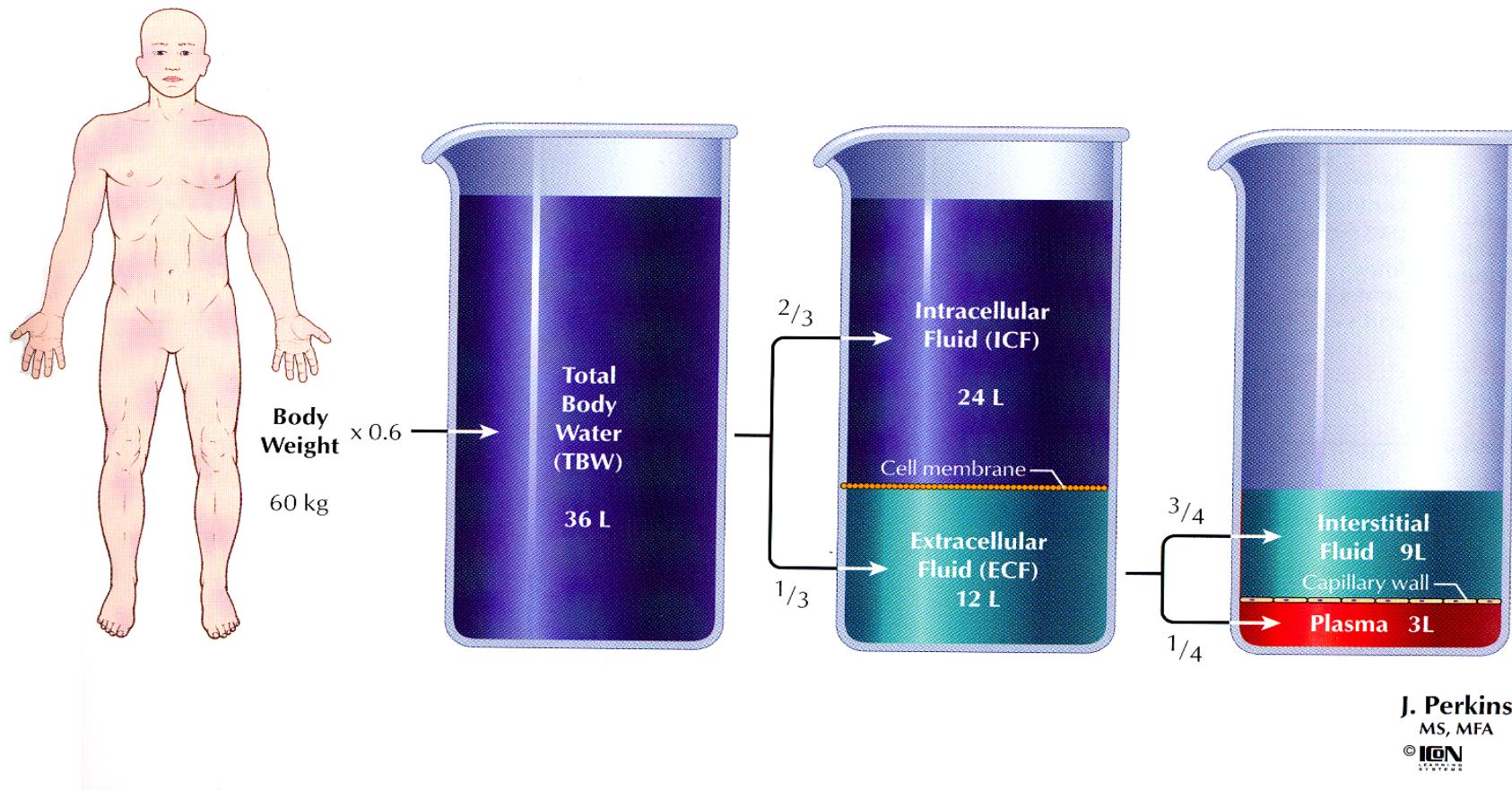


Schémas de réponse à un stimulus



Homeostatic mechanisms in a multicellular organism are called **REGULATIONS**
Regulations are based on cooperation of all exchanging systems and they are controlled by nervous, endocrine and immune systems

Répartition des volumes corporels



Compositions et concentrations des volumes intra et extracellulaires

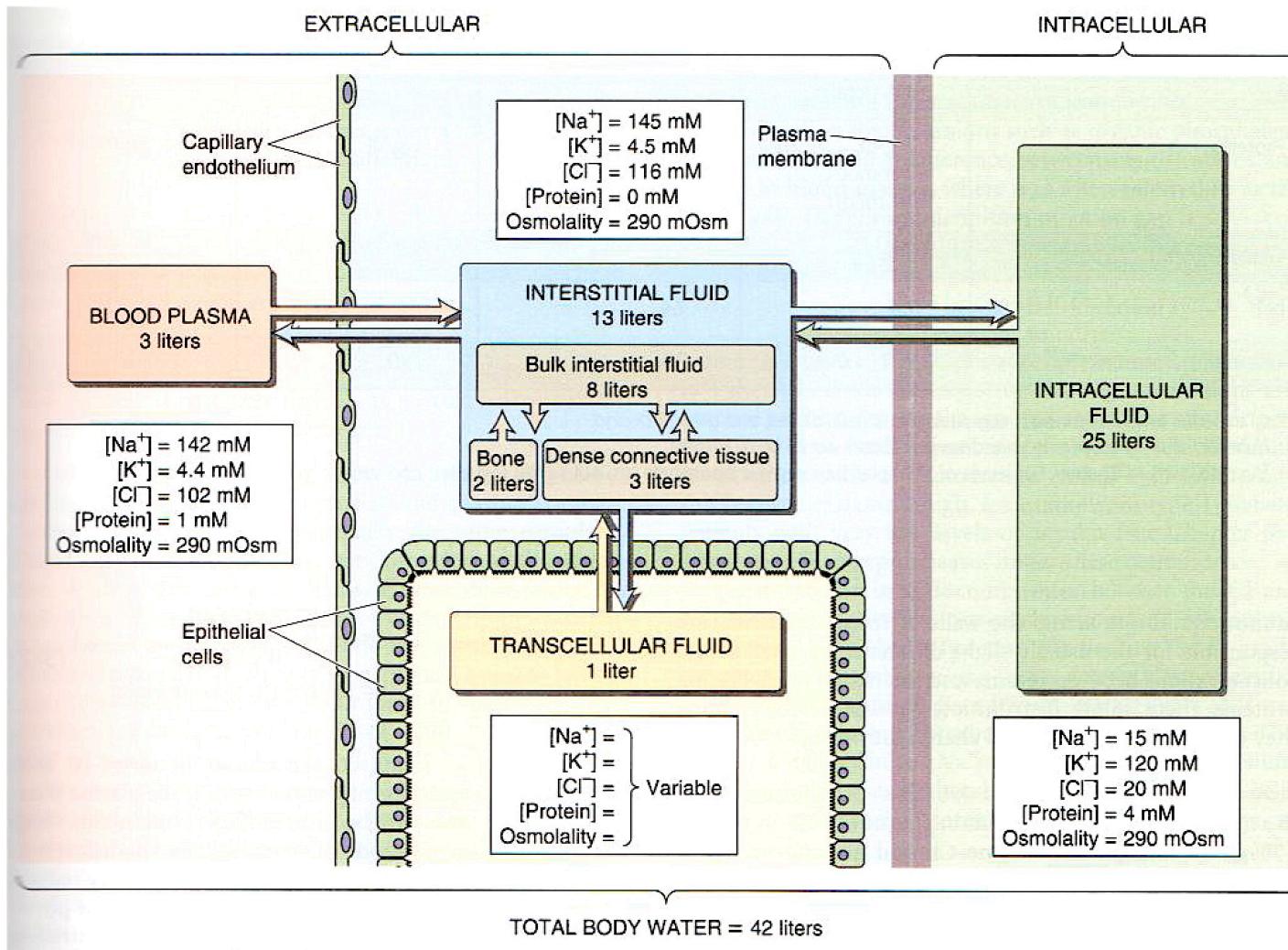
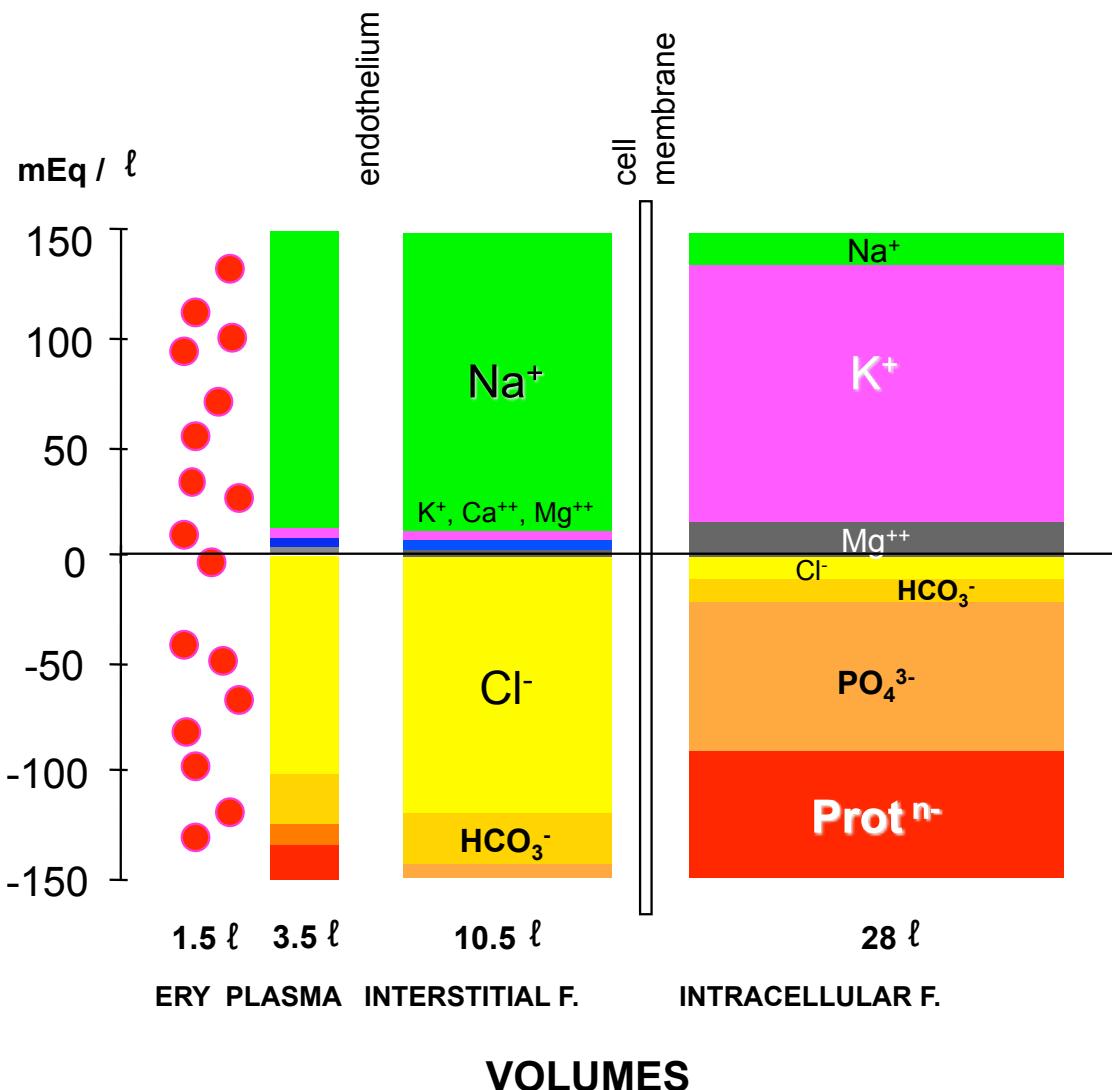


Figure 5-1 The fluid compartments of a prototypic adult human weighing 70 kg. Total body water is divided into four major compartments: intracellular fluid (green), interstitial fluid (blue), blood plasma (red), and transcellular water such as synovial fluid (tan). Color codes for each of these compartments are maintained throughout this book.

Volumes et compositions des compartiments corporels



TO REMEMBER:

Intracellular fluid

main cation K^+
main anions phosphates
Proteins

$P_{osm} \sim 300 \text{ mOsm/l}$

Extracellular fluid

main cation Na^+
main anion Cl^-
 $P_{osm} \sim 300 \text{ mOsm/l}$

Plasma:

Proteins
70 g/l

Hematocrit:

$\frac{\text{volume ERY}}{\text{volume total}}$

Cell membrane

permeable: H_2O, K^+, Na^+, Cl^-
gradients \leftrightarrow fluxes
electrical potential:
cell interior negative

impermeable: proteins

π (P oncotic)

Circulation et transport entre les différents compartiments

