

# SYSTÈMES ÉLECTRIQUES ET ÉLECTRONIQUES

---

EE295

Prof. Carlotta Guiducci, Adil Koukab, Cédric Meinen  
EPFL STV Cycle bachelor 5

# Principaux acquis de formation (1/3)

## Théorie de **circuits linéaires** et des leurs composants (générateurs, résistances, capacités, inductances)

- Résolution de circuits linéaires sur la base de
  - équations des mailles et de nœuds (lois de Kirchhoff) et équations constitutives des éléments.
  - calcul des équivalents des ensembles des éléments passifs
  - connaissance des formules qui expriment la sortie du circuit 'diviseur de tension'.
  - théorèmes de Thévenin et Norton
  - principe de superposition
- Calcul de la puissance dissipée par une résistance
- Éléments réactifs. Calcul de l'énergie stockée dans C et L.

# Circuit linéaire

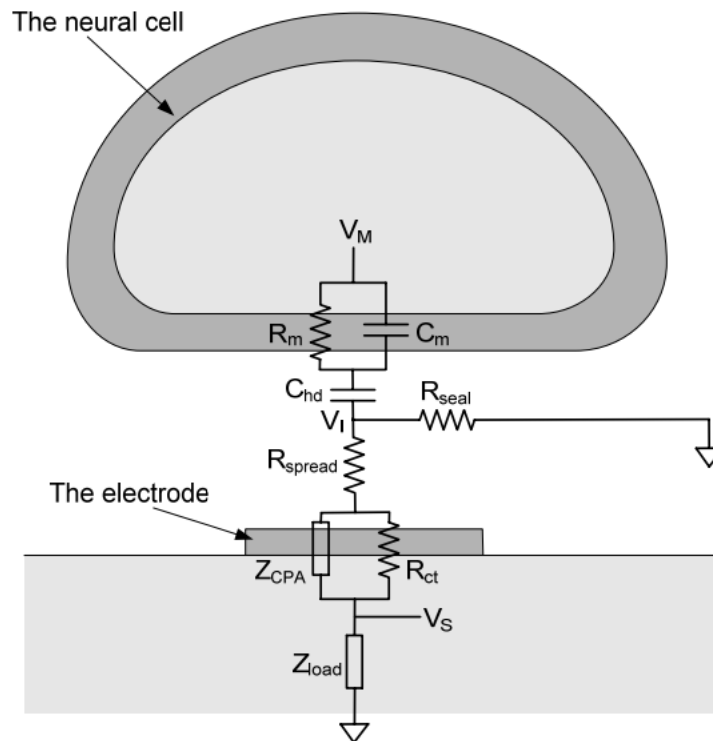


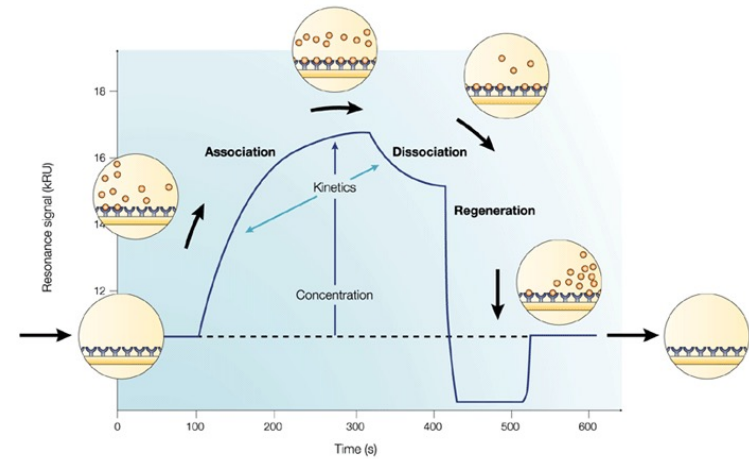
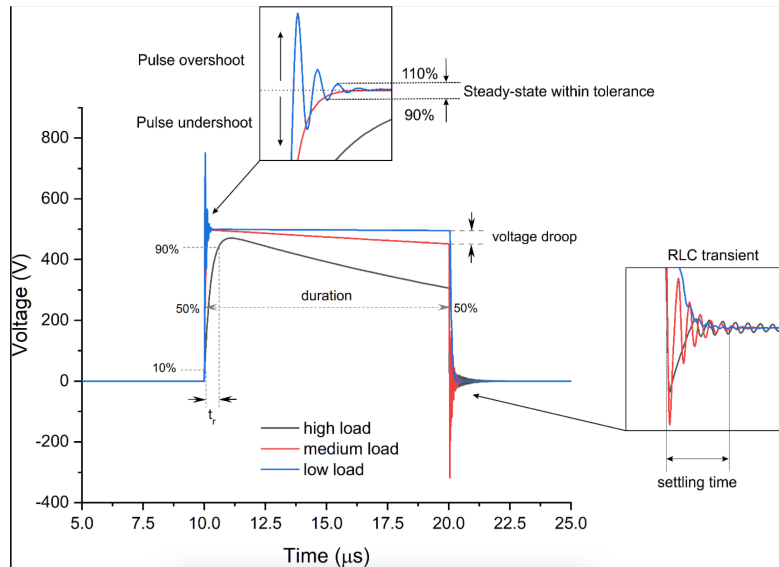
Fig. 1. Point-contact model of the cell-electrode interface (not to scale).

- reconnaître les éléments du circuit modèle, pouvoir les dimensionner
- comprendre les notions de série, parallèle
- savoir simplifier un circuit et les éléments qui ont un impact négligeable sur le comportement d'un système selon la fréquence du signal appliqué.
- pouvoir calculer les valeurs de courant et de tension en régime continu.

# Principaux acquis de formation (2/3)

- **Théorie de la réponse indicielle** (réponse du circuit à un saut de tension ou de courant quelconque à l'entrée).
  - Détermination de l'expression de la réponse indicielle
  - Concept de Régime transitoire
- **Théorie de la réponse en fréquence** (harmonique) (réponse du circuit à une entrée sinusoïdale de fréquence constante).
  - Concept de Régime sinusoïdale
  - Expressions dans le champ complexe de la tension et du courant.
  - Résolution d'un circuit linéaire selon les variables complexes.
  - Détermination la fonction de transfert du circuit.
- Détermination de l'expression de la réponse en fréquence.
  - Expression du signal sinusoïdale à la sortie du circuit si l'entrée et un signal sinusoïdale de fréquence constante.
  - Expression graphique de la réponse en fréquence d'un circuit par le moyen des diagrammes de Bode.
  - Savoir reconnaître les propriétés de filtre d'un circuit linéaire du premier ordre (passe haut ou passe bas).

# Réponse indicielle



Nature Reviews | Drug Discovery

**L'électroporation** nécessite l'application d'un saut de tension à travers la membrane cellulaire, ce qui génère un pic du potentiel transmembranaire suivi d'une réponse transitoire. Ici le système bioélectrique est un circuit résistance/inductance/capacité.

L'**isotherme de Langmuir** décrit la dynamique d'adsorption de molécules sur une surface.

Il s'agit de transitoires exponentiels qui traduisent la vitesse à laquelle des molécules en suspension dans un volume viennent se fixer sur une surface présentant une certaine affinité pour elles.

# Réponse en fréquence d'un circuit

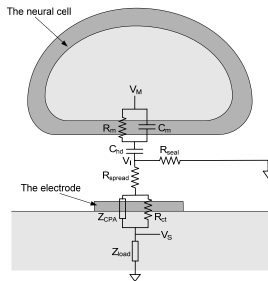


Fig. 1. Point-contact model of the cell-electrode interface (not to scale).

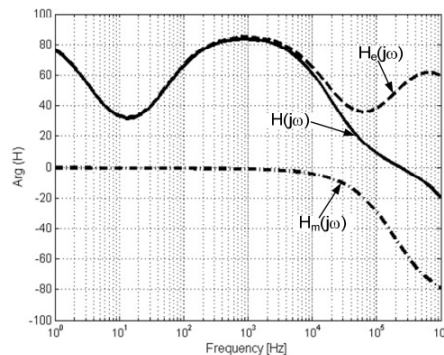
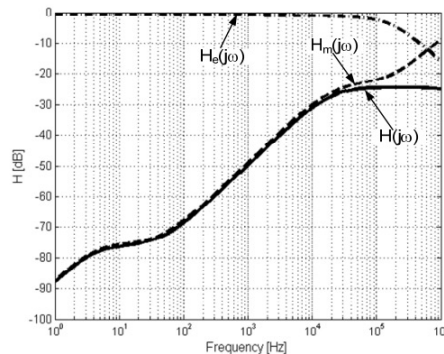


Fig. 2. Bode plots for the amplitude and phase of  $H(j\omega)$ . A cell-electrode distance of 70 nm and an electrode diameter of 5  $\mu\text{m}$  are considered.  $H(j\omega) = H_m(j\omega)H_e(j\omega) = V_S(j\omega)/V_M(j\omega)$  is the transfer function of the system, with  $H_m(j\omega) = V_i(j\omega)/V_M(j\omega)$  and  $H_e(j\omega) = V_S(j\omega)/V_i(j\omega)$ .

L'atténuation de la tension entre le potentiel mesuré  $V_S(j\omega)$  et le potentiel intracellulaire  $V_M(j\omega)$  varie fortement en fonction de la fréquence du signal neuronal.

À 10 Hz,  $V_S(j\omega)$  est environ **quatre ordres de grandeur plus petit** que  $V_M(j\omega)$ .

À 3 kHz,  $V_S(j\omega)$  n'est plus que **deux ordres de grandeur plus petit** que  $V_M(j\omega)$ .

Cette dépendance en fréquence montre que le **système cellule-électrode se comporte comme un filtre passe-haut** dans l'intervalle de fréquences considéré.

La modélisation pour différentes **distances cellule-électrode** met en évidence l'importance de réduire cette distance afin d'obtenir un fort couplage électrique entre  $V_S(j\omega)$  et  $V_M(j\omega)$ .

Distances typiques :

**~10 nm** lorsque la cellule adhère fortement à la surface de l'électrode (adhésion forte).

**100–200 nm** dans des conditions d'adhésion faible.

*N. Joye, EPFL*

# Principaux acquis de formation (3/3)

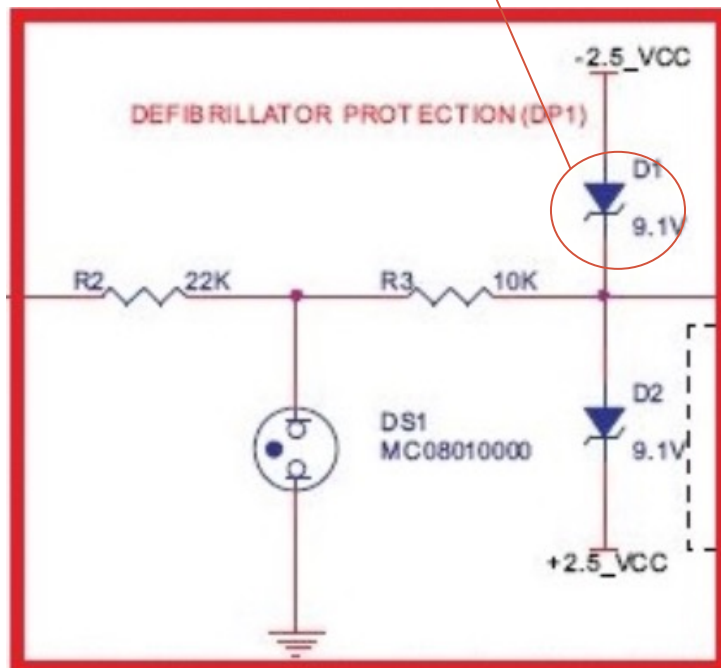
## Théorie de **circuits non linéaires** et des leurs composants (diode et transistor)

- Théorie de la diode (comportement selon différentes modèles).
  - Connaître l'expression analytique de l'équation constitutive de la diode et en savoir déterminer les variables.
  - Connaître l'expression de la résistance différentielle de la diode et la savoir calculer
- Trouver la réponse d'un circuit qui contient des diodes (diode polarisée en directe et diode Zener).

# Circuits non linéaires

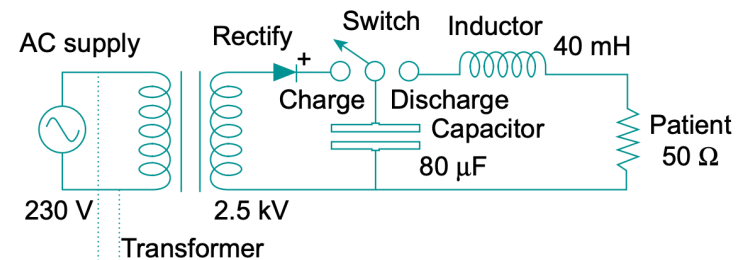
## Circuit de protection du défibrillateur

Diode Zener: fixe la différence de potentiel entre ces deux bornes



Texas instruments

## Circuit typique de défibrillateur monophasique



La tension secteur est élevée jusqu'à une très haute valeur (par ex. 5000 V) grâce à un transformateur. Cette tension est redressée par une diode, qui ne laisse passer que la partie positive du cycle alternatif vers le condensateur.

Lorsque l'interrupteur est en position *charge*, le condensateur se charge à la tension appliquée. Lorsque l'interrupteur est basculé en position *décharge*, le condensateur se décharge à travers l'inductance et le patient.

# Structure et encadrement

Planning du cours à consulter régulièrement  
<https://moodle.epfl.ch/course/view.php?id=14854>

## Cours théoriques et exercices:

- 10 semaines de cours théoriques (lundi de 8h15 à 10h00) et séances d'exercices (mardi de 10h15 à 12h00 en INM10 et INM201)
- 2 séances de révisions examens précédents, les derniers lundis avant l'examens.

## Laboratoires

4 semaines de travaux pratiques (mardi de 8h15 à 12h00 MED 2ème étage) (les mardis du 19 novembre au 10 décembre)

Les laboratoires sont coordonnés par Cédric Meinen et Adil Koukab.

# Répartition de la note

## Examens et évaluations :

- une épreuve écrite en session d'hiver (2/3 de la note).  
>>Transparents du cours, textes et solutions exercices peuvent être consultés pendant l'examen (version imprimée).
- Rapports de laboratoire où l'étudiant consigne les résultats de chaque TP (théorie, simulation et mesures).  
A charger sur Moodle après chaque séance. (1/3 de la note).

# Textes de référence

- *Electrotechnique*, Marcel Jufer, Yves Perriard, Vol. 1: Amplificateur opérationnel et applications, PPUR.
  - **Chapitres 1, 2, 3, 4, 5, 6 (partiellement), 7 (partiellement), 12.**
- *Electronique*, Maher Kayal, Vol. 1: Amplificateur opérationnel et applications, PPUR.
  - **Chapitres 1, 2 et 9**
- *Traité d'électronique analogique et numérique*. P.Horowitz and W. Hill.
  - **Chapitres 1 et 3**
- *Foundations of Analog and Digital Electronic Circuits*, A. Agarwal, JH Lang, Elsevier
  - **Chapitres 1, 2, 5.1**