

Séance 2 : Montages à diodes

1 Introduction

Les passages nécessitant des pré-déterminations ou des réflexions théoriques sont indiqués par un symbole ⚙️ dans la marge, ceux nécessitant de manipuler du matériel par le symbole 🔧 et les passages informatif par ℹ️.

1.1 But de la manipulation et objectifs d'apprentissage

Cette manipulation a pour but d'illustrer :

- au niveau «application» : différents montages à diodes, aussi bien analogiques que numériques.
- au niveau «composant» : le fonctionnement des diodes les plus courantes : diode à jonction PN, diode Zener, LED.

À la fin de ce laboratoire, vous devez être capable :

- de dimensionner une résistance de limitation de courant pour une LED ;
- d'utiliser la caractéristique d'une diode ;
- de dimensionner un circuit à simple alternance ;
- de prévoir l'effet d'une charge sur un circuit à simple alternance ; et
- de dimensionner des portes logiques avec des circuits à diodes ;
- de dimensionner un circuit de protection à diode Zener ;
- d'expliquer le fonctionnement des circuits comprenant des diodes (à jonction, LED, Zener, etc) ;
- de lire la notice d'une diode et d'en extraire les informations utiles.

1.2 Prérequis

- Circuit RC du premier ordre
- Chapitre 5 du cours.
En particulier :
 - caractéristique d'une diode
 - redresseurs simple alternance
 - polarisation d'une diode
 - diode Zener
 - LED

1.3 Matériel

Composant	Valeur		Quantité
Résistance	100	·	x1
	150	·	x1
	330	·	x1
	1	k·	x1
	10	k·	x3
Capacités	10	nF	x1
	1	µF	x1
Diode GP15B			x2
LED TLHR5400			x1
Diode Zener 1N5226B-TR			x1
Interrupteurs JS202011CQN			x2

1.4 Prédéterminations

Toutes les sections « prédétermination » doivent être faites **avant** l'arrivée au laboratoire.
Le TP 4 portant sur les diodes fait également office de prédéterminations.

2 Polarisation d'une diode, exemple de la LED

Dans cette section, nous allons nous intéresser à la polarisation d'une diode afin de faire le lien entre les caractéristiques théoriques et l'utilisation pratique d'une diode.

2.1 Caractéristique I/V théorique

2.1.1 Conventions

Les conventions pour le tracé de caractéristique I/V pour les diodes sont « courant positif de l'anode vers la cathode, convention récepteur » :

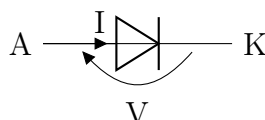


FIGURE 1 – Conventions électriques



FIGURE 2 – QR codes cliquables vers la documentation des composants

2.1.2 Caractéristique I/V

La caractéristique courant-tension théorique de la LED ressemble à la Figure 3 :

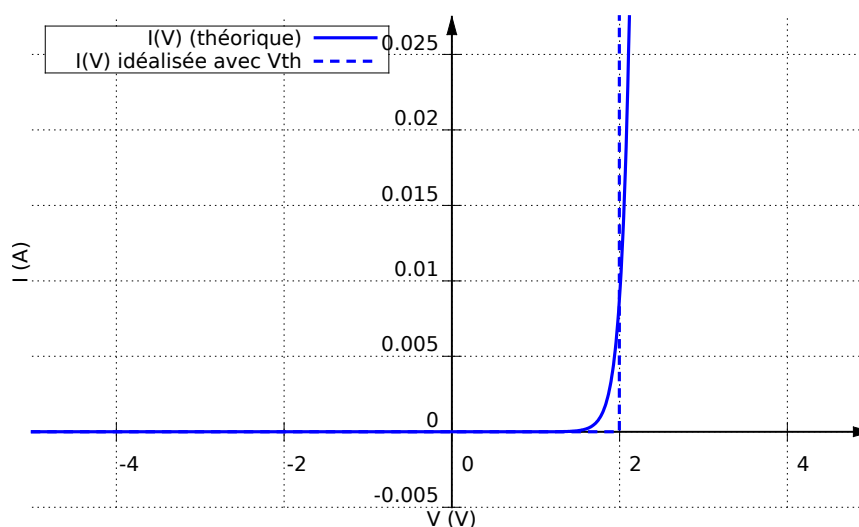


FIGURE 3 – Caractéristique I/V de la LED

2.2 Mesure de points de fonctionnement

Soit le montage de la Figure 4.

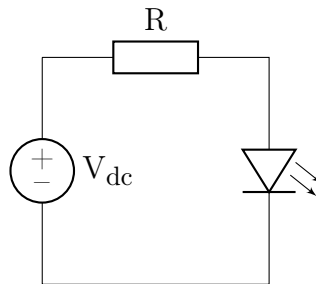


FIGURE 4 – Diode polarisée en direct si $V_{dc} > 0$



Cette partie du laboratoire est à réaliser sur le protoboard en utilisant l'alimentation continue 5V.

Astuce

La patte la plus longue de la LED est sa borne positive, son anode. De plus, le côté de la LED est plate du côté de la cathode.

Question 1. En prenant $R = \{100, 150, 330, 1000, \infty\} \Omega$ et la tension de seuil indiquée dans la documentation de la LED TLHR5401 (V_F), mesurez et placez les cinq points correspondants sur le graphe de la Figure 3 page précédente. Utilisez le protoboard et $V_{dc} = 5V$.

Astuce

L'oscilloscope ne fonctionnant pas en ampèremètre, mesurez la tension aux bornes de la résistance et utilisez la loi d'Ohm pour en déduire le courant.

Question 2. L'approximation $I(V)$ idéalisée avec seulement la tension de seuil est-elle une bonne approximation ?

Question 3. Indiquez l'état de la diode sur le graphe de la page précédente en fonction de I .

Question 4. En tenant compte de la réponse à la question 2, calculez la valeur de R pour obtenir un courant de 20mA dans la LED.

Question 5. Que se passe-t-il si la diode est mise en inverse ($V_{dc} < 0V$ ou diode inversée) ? Que peut-on dire du courant la traversant (faire une mesure) ? Est-elle éclairée ?

Question 6. Quelles précautions doivent être prises lors du fonctionnement en direct ?
Même question pour un fonctionnement en inverse.

3 Redressement simple alternance

Nous allons nous intéresser à un montage qui permet de transformer un signal AC (alternatif) en un signal DC (continu). Ce type de montage est un élément central qui permet de transformer le 220V alternatif (qui sort de votre prise) en 5V continu (que vous utiliser pour recharger vos appareils électroniques).

*Cette partie du laboratoire est à câbler sur le protoboard. Utilisez le générateur comme source alternative pour votre montage **sans utiliser l'alimentation continue 5V**.*

Voici le schéma d'un redresseur simple alternance :

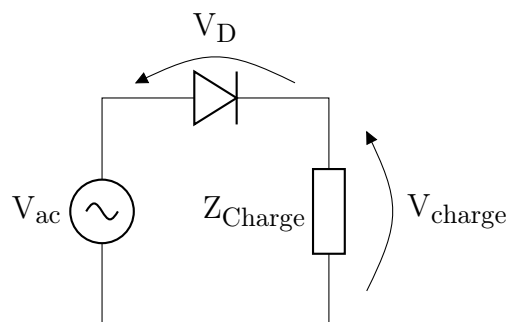


FIGURE 5 – redresseur simple alternance

3.1 Prédéterminations



Question 7. Tracez les tensions V_{ac} , V_{charge} et V_D . Précisez l'état de la diode. Utilisez une tension de seuil de 1V pour simplifier (*cf* documentation GP15B).

Question 8. Tracez sur un même graphe l'allure du courant circulant dans le circuit en fonction du temps.

Question 9. La tension de sortie V_{charge} est-elle stable, continue ? Que proposez-vous comme solution pour augmenter cette stabilité ?

3.2 Manipulation



Question 10. Connectez le montage de la Figure 5. Utilisez comme source un signal de 100 Hz et d'amplitude 2V. Utilisez une résistance de 10k Ω comme charge. Vérifiez vos prédéterminations expérimentalement (Attention à la polarité de votre diode).

Astuce

La bague argentée de la diode indique sa borne négative, sa cathode.

4 Filtrage capacitif

Effectuons un filtrage capacitif¹ en ajoutant une capacité en parallèle avec la charge.

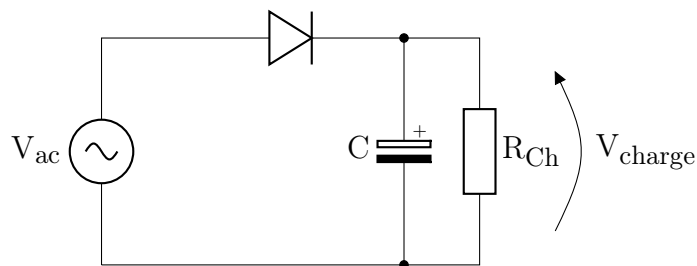


FIGURE 6 – Redresseur simple alternance

4.1 Prédéterminations



Question 11. Justifiez la polarité utilisée pour la capacité.

Question 12. Tracez l'allure de V_{charge} en tenant compte de la capacité.

Question 13. Tracez l'allure du courant circulant dans la charge. Indiquez les intervalles de charge et de décharge.

4.2 Manipulation



Question 14.

- Vérifiez expérimentalement. (**ATTENTION** à la polarité de votre condensateur).

Astuce

La patte *positive* d'un condensateur polarisé est plus longue. De plus, le côté du composant le long de la borne *négative* est estampillé de symboles **—**.

- Placez une résistance de charge en parallèle avec le condensateur ; observez son effet sur V_{charge} pour différentes valeurs.
- Expliquez qualitativement l'influence de cette résistance sur l'allure de V_{charge} .
- Remarquez que le signal comporte plusieurs « phases » successives.
- Quelle est la forme d'onde dans chacune de ces phases ?

1. Il est également possible d'effectuer un filtrage inductif pour limiter l'amplitude des pics de courant sur la source alternative mais ces phénomènes dépassent les limites de ce cours.

4.3 Calcul de l'ondulation

On remarque que lorsque le circuit est chargé, la tension de sortie ondule. Quantifions cette ondulation en fonction des éléments du circuit.

La tension de sortie peut être décomposée en une composante continue et une composante alternative, d'où : $V = V_m + \Delta_V$



Question 15. Établissez une formule permettant d'estimer $\Delta_V = f(R, C, V_m, \dots)$. Utilisez les approximations suivantes :

- $\Delta_V \ll V_m$
- le temps de charge du condensateur est négligeable devant son temps de décharge.
- la décharge de la capacité est linéaire

Astuce

Pensez à utiliser un développement de Taylor de la décharge du condensateur à différents instants.

Cette formule permet de dimensionner la valeur de la capacité à utiliser pour lisser la tension de sortie pour limiter l'ondulation à une valeur donnée pour une charge donnée.



Question 16. Mesurez Δ_V et comparez à la valeur calculée pour les mêmes paramètres. Les approximations faites à la question 15 sont-elles valables, optimistes ou pessimistes ?

5 Circuits logiques à diodes

En logique numérique, les tensions sont utilisées pour représenter des états logiques binaires, c'est-à-dire des bits "1" ou "0". En logique 5V, le bit "1" est représenté par une tension de 5V (ou proche), et le bit "0" est représenté par une tension de 0V (ou proche). Les montages de la Figure 7 représentent deux portes logiques de base, avec deux entrées et une sortie. Considérez une résistance de charge R_L de 10 k Ω .

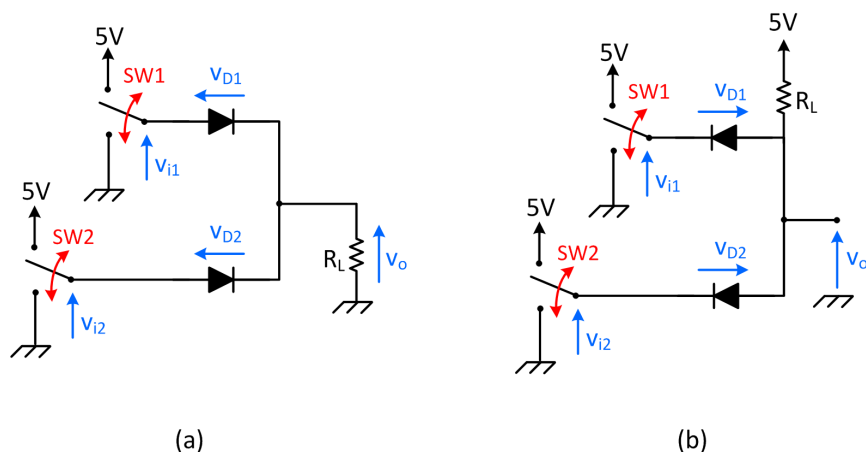


FIGURE 7 – Portes logiques à diodes



Question 17. Pour le circuit de la Figure 7-(a), déterminez l'état des diodes pour les différents états possibles des entrées. Calculez le courant qui passe dans chaque diode, ainsi que la tension de sortie. Considérez que la tension de seuil vaut 0.7V.

Question 18. Pour le circuit de la Figure 7-(b), déterminez l'état des diodes pour les différents états possibles des entrées. Calculez le courant qui passe dans chaque diode, ainsi que la tension de sortie. Considérez que la tension de seuil vaut 0.7V.

Question 19. Quelle porte logique est implémentée par chacun des deux circuits ?

Question 20. L'état haut et l'état bas à la sortie de ces circuits est-il bien à 5V/0V ? Que pouvez-vous en conclure par rapport au seuil à utiliser pour les états logiques dans ces circuits ?



Question 21. Cablez le circuit de la Figure 7-(a) et 7-(b), et vérifiez vos prédictions.

Question 22. Si vous voulez connecter une LED pour indiquer l'état de sortie, comment devez-vous la connecter pour chacun des circuits ? Changez la résistance de charge pour assurer une bonne illumination de la LED.

6 Circuit de protection à diode Zener

Une diode Zener peut être utilisée afin de protéger un circuit. Imaginez le circuit de la Figure 8. Le signal qui rentre dans le microcontrôleur doit être entre 0 et 3.3V, et la source est un signal alternatif de moyenne nulle et de fréquence 10 kHz.

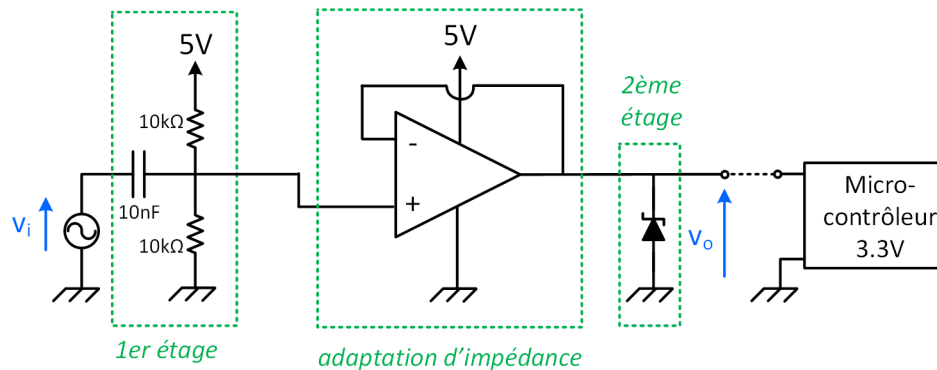


FIGURE 8 – Circuit de protection à diode Zener



Question 23. Le premier étage du circuit sert à rajouter une tension continue au signal d'entrée. En utilisant le principe de superposition, exprimez la tension à la sortie du premier étage du circuit.

Vous pouvez considérer que la capacité a une impédance nulle à la fréquence du signal alternatif, que la diode Zener est bloquante et qu'aucun courant n'entre dans le microcontrôleur.

Question 24. Vérifiez dans les datasheets la tension d'avalanche de la diode Zener 1N5226B-TR.

Question 25. Le deuxième étage sert de circuit de protection. Dessinez le signal de sortie si le signal d'entrée est

1. une sinusoïde d'amplitude 2V à 10 kHz ;
2. une sinusoïde d'amplitude 0.5V à 10 kHz.



La résistance interne de la diode Zener ainsi que celle des connexions suffit à protéger la diode du courant qui la traverse lorsqu'elle est en avalanche.



L'étage suiveur permet de résoudre un problème d'adaptation d'impédance entre l'étage 1 et l'étage 2. Sans celui-ci, lorsque la diode Zener est en avalanche, une partie non négligeable du courant du diviseur résistif circule au sein du deuxième étage, diminuant fortement la tension de décalage continue additionnée à V_i , et il n'est alors pas possible d'atteindre la tension d'avalanche de la Zener avec l'alimentation 5V.

💡 Afin de réaliser l'étage suiveur, vous aurez besoin d'un amplificateur opérationnel TLV se trouvant dans le matériel du Labo 5. La Figure 9 vous indique comment réaliser le câblage correspondant sans regarder dans les datasheets.

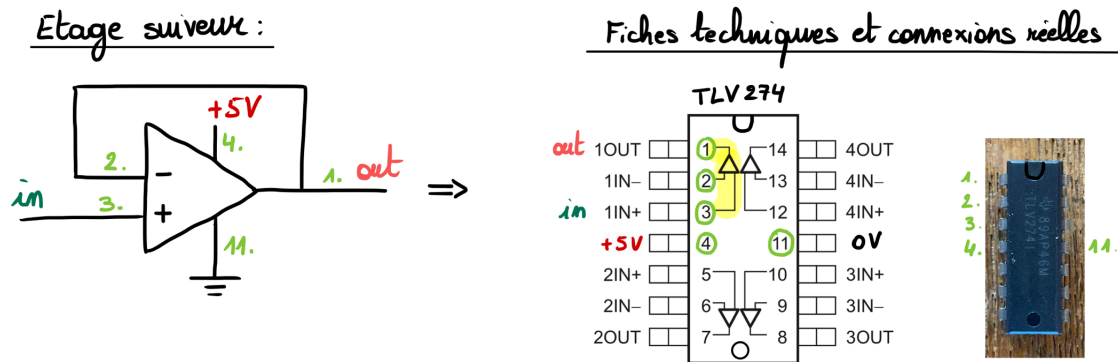


FIGURE 9 – Câblage du TLV pour un montage suiveur



Question 26. Câblez le circuit et vérifiez vos prédeterminations expérimentalement avec en entrée une sinusoïde d'amplitude 2V.

Question 27. Si l'entrée est une sinusoïde d'amplitude 0.5V, observez-vous encore un écrêtage du signal ? Si en aval on veut placer un microcontrôleur 3.3V, ce circuit fournit-il une protection efficace ?

Question 28. Quelle est la limite **inférieure** du signal de sortie. Adaptez le circuit pour pouvoir vérifier cette limite expérimentalement. Comment expliquez-vous cette limite inférieure ?