

L'INTENSITÉ ÉLECTRIQUE

Cours complet de physique-électricité



Introduction

L'électricité occupe une place centrale dans notre quotidien, alimentant aussi bien nos foyers que les industries les plus modernes. Parmi les grandeurs physiques qui permettent de décrire et de quantifier les phénomènes électriques, l'intensité électrique occupe une place fondamentale. Elle traduit le déplacement des charges électriques au sein d'un circuit et constitue, avec la tension et la résistance, l'une des trois grandeurs essentielles de l'électrocinétique.

L'intensité électrique, souvent notée I , correspond à la quantité de charges électriques traversant une section donnée d'un conducteur par unité de temps. Elle s'exprime en ampères (A), unité du Système international, en hommage au physicien André-Marie Ampère. Sa mesure s'effectue à l'aide d'un ampèremètre, branché en série dans le circuit étudié, ce qui permet d'obtenir une valeur précise du courant qui le parcourt.

Comprendre l'intensité électrique est indispensable pour appréhender le fonctionnement des circuits électriques, qu'ils soient simples ou complexes. Cette notion permet notamment d'analyser la répartition du courant dans les montages en série et en parallèle, d'assurer la sécurité des installations électriques et de dimensionner correctement les composants utilisés. C'est pourquoi cette introduction pose les bases nécessaires à l'étude approfondie de cette grandeur, développée dans les parties suivantes.

Ce cours présente de manière progressive et rigoureuse la notion d'intensité du courant électrique : sa définition physique, son unité, les lois qui la régissent dans les circuits série et parallèle, ainsi que les méthodes de mesure et des exercices d'application corrigés.

SOMMAIRE

1. Qu'est-ce que le courant électrique ?

2. Définition de l'intensité électrique

3. L'unité de l'intensité : l'ampère

4. La formule fondamentale $I = Q / t$

5. Le sens conventionnel du courant

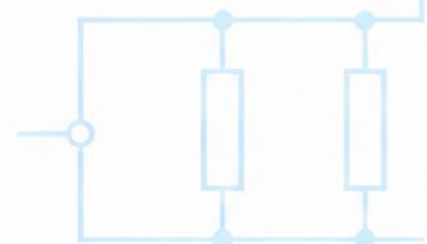
6. Mesurer l'intensité : l'ampèremètre

7. Intensité et loi d'Ohm

8. L'intensité dans les circuits série et dérivation

9. Effets du courant électrique

10. Exercices d'application corrigés



1. Qu'est-ce que le courant électrique ?

Un courant électrique correspond à un déplacement ordonné de particules chargées à l'intérieur d'un conducteur. Dans un métal, ces particules sont des électrons libres qui se déplacent sous l'effet d'une différence de potentiel (une tension) appliquée aux bornes du conducteur. Dans une solution ionique ou un gaz ionisé, ce sont des ions positifs et négatifs qui assurent le transport des charges.

Pour qu'un courant circule, deux conditions sont nécessaires : il faut disposer d'un circuit fermé (un chemin continu pour les charges) et d'un générateur (pile, batterie, alimentation) qui maintient une différence de potentiel entre ses bornes. Sans circuit fermé, aucune charge ne peut circuler ; sans générateur, il n'existe aucune force motrice pour mettre les charges en mouvement.

1.1. Charge électrique élémentaire

La charge électrique se mesure en coulombs (symbole C). La charge portée par un seul électron, appelée charge élémentaire, vaut :

$$e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$$

Un courant électrique « ordinaire » met en jeu un nombre extrêmement grand de charges élémentaires par seconde, ce qui justifie l'utilisation d'une grandeur macroscopique pratique : l'intensité.

2. Définition de l'intensité électrique

L'intensité du courant électrique, notée I , est la grandeur physique qui caractérise le débit de charges électriques traversant une section d'un conducteur pendant une durée donnée. Autrement dit, l'intensité mesure la quantité de charge qui traverse un point du circuit chaque seconde.

Plus l'intensité est grande, plus le nombre de charges qui circulent chaque seconde est important. On peut faire l'analogie avec un débit d'eau dans une canalisation : de même que le débit (en litres par seconde) mesure la quantité d'eau qui s'écoule, l'intensité électrique (en coulombs par seconde) mesure la quantité de charge qui circule.

2.1. Grandeur scalaire et sens du courant

L'intensité est une grandeur algébrique : elle possède une valeur numérique et un signe qui dépend du sens choisi comme sens positif de circulation dans le circuit. Dans un circuit à courant continu, on oriente conventionnellement le circuit et on affecte à I un signe positif si le courant réel circule dans le sens choisi, négatif dans le cas contraire.

3. L'unité de l'intensité : l'ampère

L'unité internationale de l'intensité du courant électrique est l'ampère, de symbole A, en hommage au physicien français André-Marie Ampère (1775-1836), pionnier de l'électrodynamique. L'ampère est l'une des sept unités de base du Système international (SI).

Depuis la révision de 2019 du Système international, l'ampère est défini à partir de la charge élémentaire e , fixée exactement à $1,602\,176\,634 \times 10^{-19}$ coulomb. Un courant d'un ampère correspond au passage d'environ $6,24 \times 10^{18}$ charges élémentaires par seconde à travers une section du conducteur.

3.1. Multiples et sous-multiples de l'ampère

Unité	Symbole	Valeur en ampères
Kiloampère	kA	1 kA = 1000 A
Ampère	A	unité de base
Milliampère	mA	1 mA = 0,001 A = 10^{-3} A
Microampère	μ A	1 μ A = 0,000001 A = 10^{-6} A

À titre de repère, un courant de quelques milliampères traverse une diode électroluminescente, un courant de l'ordre de l'ampère alimente une ampoule domestique, tandis que les moteurs industriels ou les lignes de transport d'énergie mettent en jeu des dizaines, voire des centaines, voire des milliers d'ampères.

4. La formule fondamentale $I = Q / t$

La relation qui définit l'intensité relie la quantité de charge Q ayant traversé une section du circuit à la durée t de ce passage :

$$I = Q / t$$

Avec : I l'intensité en ampères (A), Q la quantité de charge en coulombs (C), et t la durée en secondes (s).

Cette relation peut également s'écrire sous deux formes équivalentes utiles pour les exercices :

$$Q = I \times t \quad t = Q / I$$

4.1. Exemple d'application directe

Un conducteur est traversé par une charge de 12 coulombs pendant 4 secondes. L'intensité du courant vaut :

$$I = Q / t = 12 / 4 = 3 \text{ A}$$

4.2. Cas d'un courant variable

Lorsque le courant n'est pas constant dans le temps, la formule $I = Q/t$ ne donne que l'intensité moyenne sur la durée considérée. L'intensité instantanée, à un instant précis, se définit à partir de la dérivée de la charge par rapport au temps : $i(t) = dq/dt$. Ce point est approfondi dans les cours d'électrocinétique de niveau supérieur ; au niveau de ce cours, on retiendra surtout le cas du courant continu, pour lequel I est constant.

5. Le sens conventionnel du courant

Par convention historique, établie avant la découverte de l'électron, le sens du courant électrique à l'extérieur du générateur est choisi comme allant de la borne positive vers la borne négative. C'est ce qu'on appelle le sens conventionnel du courant.

Or, dans un conducteur métallique, ce sont les électrons, chargés négativement, qui se déplacent réellement, et ils circulent en sens inverse du sens conventionnel, c'est-à-dire de la borne négative vers la borne positive à l'extérieur du générateur. Cette convention, bien qu'historiquement « inversée » par rapport au déplacement réel des porteurs de charge dans les métaux, reste universellement utilisée en électricité et en électronique car elle simplifie l'écriture des lois de circuit.

5.1. À retenir

Le sens conventionnel a été défini avant la découverte des électrons. Il est toujours utilisé aujourd'hui pour représenter le courant sur les schémas électriques et effectuer les calculs. Pour éviter toute confusion, les flèches indiquées sur les schémas électriques représentent généralement le **sens conventionnel du courant**, et non le sens réel de déplacement des électrons.

- Le sens conventionnel va du pôle + vers le pôle – à l'extérieur du générateur.
- Les électrons se déplacent en sens inverse du sens conventionnel.
- Dans un électrolyte, les ions positifs se déplacent dans le sens conventionnel et les ions négatifs en sens inverse.

6. Mesurer l'intensité : l'ampèremètre

L'intensité d'un courant électrique se mesure à l'aide d'un ampèremètre. Cet appareil doit impérativement être branché en série dans le circuit, c'est-à-dire intercalé directement sur le fil parcouru par le courant que l'on souhaite mesurer, de sorte que la totalité du courant traverse l'appareil.

6.1. Règles de branchement

- L'ampèremètre se place toujours en série, jamais en dérivation (en parallèle).
- Le courant doit entrer par la borne notée « A » ou « + » (borne d'entrée) et ressortir par la borne « COM » ou « - ».
- Il faut choisir un calibre supérieur ou égal à l'intensité estimée, puis affiner si nécessaire, afin de ne pas endommager l'appareil ou dépasser l'échelle de lecture.
- Un ampèremètre idéal possède une résistance interne quasi nulle, afin de ne pas perturber le circuit qu'il mesure.

Dans la pratique actuelle, on utilise le plus souvent un multimètre numérique configuré en mode ampèremètre (position A ou mA du sélecteur), qui offre plusieurs calibres et une lecture directe de la valeur en ampères ou en milliampères.

6.2. Erreur classique à éviter

Une erreur fréquente consiste à brancher l'ampèremètre en parallèle aux bornes d'un composant, comme on le ferait pour un voltmètre. Cela crée un court-circuit à travers l'appareil, dont la résistance interne est très faible : un courant très intense peut alors le traverser et l'endommager, voire faire fondre son fusible de protection.

7. Intensité et loi d'Ohm

Pour un conducteur ohmique (une résistance), la loi d'Ohm relie la tension U à ses bornes, l'intensité I qui le traverse et sa résistance R :

$$U = R \times I$$

Cette relation peut se réécrire pour exprimer directement l'intensité en fonction de la tension et de la résistance :

$$I = U / R$$

Avec U en volts (V), R en ohms (Ω) et I en ampères (A). Cette loi montre que, pour une tension fixée, l'intensité est d'autant plus grande que la résistance du circuit est faible : une résistance élevée limite le passage du courant, tandis qu'une résistance faible le facilite.

7.1. Exemple d'application

Une résistance de 100 Ω est soumise à une tension de 12 V. L'intensité qui la traverse vaut :

$$I = U / R = 12 / 100 = 0,12 \text{ A} = 120 \text{ mA}$$

8. L'intensité dans les circuits série et dérivation

8.1. Circuit série : loi d'unicité du courant

Dans un circuit série, tous les composants sont branchés les uns à la suite des autres, formant une seule boucle. L'intensité du courant est alors la même en tout point du circuit :

$$I = I_1 = I_2 = I_3 = \dots$$

Cette propriété résulte du fait qu'il n'existe qu'un seul chemin possible pour les charges électriques : aucune charge ne peut « s'échapper » ni « s'accumuler » en un point du circuit en régime permanent.

8.2. Circuit en dérivation (parallèle) : loi des nœuds

Dans un circuit comportant des dérivations, le courant principal se répartit entre les différentes branches. La loi des nœuds, ou loi d'additivité des intensités, énonce que l'intensité du courant principal est égale à la somme des intensités dans chacune des branches dérivées :

$$I = I_1 + I_2 + I_3 + \dots$$

Cette loi traduit la conservation de la charge électrique : au niveau d'un nœud du circuit, la charge qui arrive doit être égale à la charge qui repart, puisque les charges ne peuvent ni apparaître ni disparaître spontanément.

8.3. Tableau récapitulatif

Type de circuit	Loi de l'intensité	Loi de la tension
Série	I identique partout	U totale = somme des U
Dérivation	I principale = somme des I	U identique dans chaque branche

9. Effets et dangers du courant électrique

L'intensité du courant détermine en grande partie les effets, utiles ou dangereux, produits par le passage du courant électrique.

9.1. Effets utiles

- Effet thermique (effet Joule) : un conducteur parcouru par un courant s'échauffe ; c'est le principe des radiateurs électriques, des fers à repasser ou des ampoules à incandescence.
- Effet lumineux : certains composants, comme les diodes électroluminescentes ou les tubes fluorescents, émettent de la lumière lorsqu'ils sont traversés par un courant.
- Effet magnétique : un courant électrique crée un champ magnétique, exploité dans les électroaimants, les moteurs et les relais.
- Effet chimique : le passage du courant dans un électrolyte provoque des réactions d'oxydoréduction, utilisées en électrolyse et dans la recharge des accumulateurs.

9.2. Dangers pour le corps humain

Le corps humain est conducteur, et le passage d'un courant électrique à travers l'organisme peut provoquer des effets graves, dont la sévérité dépend principalement de l'intensité et de la durée de passage, mais aussi du trajet suivi dans le corps.

Intensité approximative	Effet sur le corps humain
≈ 1 mA	Seuil de perception (léger picotement)
≈ 10 mA	Contractions musculaires, difficulté à lâcher prise
≈ 30 mA	Paralysie respiratoire possible
≈ 75 mA et plus	Risque de fibrillation cardiaque, danger vital

Ces valeurs justifient les dispositifs de protection présents dans les installations électriques domestiques, tels que les disjoncteurs différentiels, qui coupent automatiquement l'alimentation dès qu'ils détectent une fuite de courant dangereuse pour les personnes.

10. Exercices d'application corrigés

Exercice 1

Un fil conducteur est traversé par une charge de 45 C en 15 s. Calculer l'intensité du courant.

Correction :

$$I = Q / t = 45 / 15 = 3 \text{ A}$$

Exercice 2

Un appareil électroménager est parcouru par un courant d'intensité 2 A pendant 5 minutes. Calculer la charge totale qui l'a traversé (attention à convertir la durée en secondes).

Correction :

$$t = 5 \text{ min} = 300 \text{ s}$$

$$Q = I \times t = 2 \times 300 = 600 \text{ C}$$

Exercice 3

Une résistance de 220 Ω est branchée sous une tension de 5 V. Calculer l'intensité du courant qui la traverse.

Correction :

$$I = U / R = 5 / 220 \approx 0,023 \text{ A} \approx 23 \text{ mA}$$

Exercice 4

Dans un circuit en dérivation, la branche 1 est parcourue par un courant de 0,4 A et la branche 2 par un courant de 0,25 A. Ces deux branches se rejoignent en un nœud avant de rejoindre le générateur. Calculer l'intensité du courant principal.

Correction :

$$I = I_1 + I_2 = 0,4 + 0,25 = 0,65 \text{ A}$$

Exercice 5

Trois lampes identiques sont montées en série dans un circuit. L'ampèremètre placé avant la première lampe indique 0,5 A. Que peut-on dire de l'intensité mesurée après la deuxième et après la troisième lampe ? Justifier.

Correction :

Dans un circuit série, l'intensité est la même en tout point du circuit (loi d'unicité du courant). L'ampèremètre indiquerait donc également 0,5 A après la deuxième lampe et après la troisième lampe, quel que soit l'endroit où on l'insère sur la boucle.

Conclusion du cours



- L'intensité I mesure le débit de charges électriques traversant une section de circuit : $I = Q / t$.
- Son unité est l'ampère (A), du nom d'André-Marie Ampère.
- Le sens conventionnel du courant va du + vers le – à l'extérieur du générateur, en sens inverse du déplacement réel des électrons.
- L'intensité se mesure avec un ampèremètre branché en série.
- La loi d'Ohm relie intensité, tension et résistance : $I = U / R$.
- En série, l'intensité est identique en tout point ; en dérivation, l'intensité principale est la somme des intensités des branches.
- L'intensité conditionne les effets thermiques, lumineux, magnétiques et chimiques du courant, ainsi que sa dangerosité pour le corps humain.