

# LA TENSION ÉLECTRIQUE

## Cours complet d'électricité et d'électronique

### Introduction

La **tension électrique** est l'une des grandeurs fondamentales de l'électricité et de l'électronique. Avec l'intensité du courant, la résistance et la puissance, elle permet de comprendre le fonctionnement d'un circuit, d'effectuer des mesures et surtout de **diagnostiquer une panne électronique**.

Dans un circuit, la tension représente une **différence de potentiel électrique entre deux points**. Cette différence de potentiel peut provoquer le déplacement des charges électriques lorsqu'un chemin conducteur existe.

Pour le technicien en électronique, savoir mesurer et interpréter une tension est indispensable. Une tension absente, trop faible, trop élevée ou instable permet souvent de localiser rapidement l'origine d'un dysfonctionnement.

### 1. Définition de la tension électrique

La tension électrique correspond à la **différence de potentiel électrique entre deux points d'un circuit**. Elle est généralement représentée par la lettre **U** et son unité est le **volt (V)**.

On peut écrire :  **$U = 5 \text{ V}$** . Cela signifie qu'il existe une différence de potentiel de 5 volts entre les deux points considérés.

Une tension est toujours définie **entre deux points**. En électronique, on utilise très souvent la masse **GND** comme point de référence.

### 2. Analogie avec un circuit hydraulique

Pour comprendre simplement la tension, on peut comparer un circuit électrique à un circuit hydraulique : la **pression** est comparable à la tension, le **débit** au courant et les restrictions des tuyaux à la résistance.

Cette analogie est utile pour débiter, mais la définition physique précise de la tension est une **différence d'énergie potentielle électrique par unité de charge**.

### 3. Origine physique de la tension

Une source électrique fournit de l'énergie aux charges électriques et crée une différence de potentiel entre ses bornes. Une pile utilise des réactions chimiques ; une alimentation transforme l'énergie du secteur ; un générateur peut convertir une énergie mécanique.

Parmi les sources et dispositifs produisant ou transformant une tension : piles, batteries, alimentations, générateurs, alternateurs, cellules photovoltaïques, convertisseurs DC/DC et régulateurs.

### 4. Le volt et ses multiples

Le volt est l'unité officielle de la tension. En électronique, les millivolts et microvolts sont également très utilisés.

| Valeur     | Unité     | Symbole       |
|------------|-----------|---------------|
| 0,000001 V | microvolt | $\mu\text{V}$ |
| 0,001 V    | millivolt | mV            |

| Valeur  | Unité    | Symbole |
|---------|----------|---------|
| 1 V     | volt     | V       |
| 1 000 V | kilovolt | kV      |

500 mV = 0,5 V • 3 300 mV = 3,3 V • 12 V = 12 000 mV

## 5. Différence de potentiel

La tension entre deux points A et B peut être exprimée par :

$$U_{AB} = V_A - V_B$$

## 6. La référence de potentiel et la masse

Dans de nombreux circuits électroniques, un point est choisi comme référence **0 V**. Il est généralement appelé **GND — Ground — Masse**.

Les autres tensions sont alors exprimées par rapport à cette référence : +1,2 V, +1,8 V, +3,3 V, +5 V, +12 V, etc. Lors d'un diagnostic, la pointe noire du multimètre est souvent placée sur GND et la pointe rouge sur le point à contrôler.

Attention : certains appareils possèdent des masses séparées, flottantes ou isolées.

## 7. Tension continue — DC

Une tension continue conserve normalement une polarité déterminée. Elle est couramment désignée par **DC**. Exemples : piles, batteries, sorties USB et rails d'alimentation électroniques.

Sur un multimètre, la tension continue est généralement repérée par **V■**.

## 8. Tension alternative — AC

Une tension alternative varie au cours du temps et change périodiquement de polarité. Une sinusoïde peut être représentée par :

$$u(t) = U_{\max} \times \sin(2\pi ft)$$

Le réseau électrique européen fonctionne typiquement à **230 V — 50 Hz**. Pour une sinusoïde, 230 V RMS correspond à une crête d'environ **325 V**.

## 9. Relation entre tension, courant et résistance

La relation fondamentale est donnée par la **loi d'Ohm** :

$$U = R \times I$$

$I = U / R$  et  $R = U / I$ . Exemple : sous 5 V, une résistance de 1 000  $\Omega$  est parcourue par 5 mA.

## 10. La chute de tension

Lorsqu'un courant traverse un composant possédant une résistance ou une impédance, une différence de potentiel apparaît à ses bornes. On parle de **chute de tension**.

Pour une résistance :  $U_R = R \times I$ . Exemple : 100  $\Omega$  parcourus par 20 mA donnent une chute de tension de 2 V.

## 11. Tension dans un circuit en série

Dans un circuit en série, le courant est identique dans tous les composants et la tension du générateur se répartit entre eux. Selon la loi des mailles de Kirchhoff :

$$U_{\text{générateur}} = U_1 + U_2 + U_3 + \dots$$

## 12. Tension dans un circuit parallèle

Dans un montage parallèle, les branches reliées aux mêmes deux nœuds possèdent la **même tension**. Si trois composants sont directement connectés sur une alimentation de 5 V, chacun reçoit 5 V.

## 13. Le diviseur de tension

Un diviseur de tension constitué de deux résistances en série permet d'obtenir une tension inférieure à la tension d'entrée. En l'absence de charge significative :

$$V_{\text{out}} = V_{\text{in}} \times R_2 / (R_1 + R_2)$$

Exemple :  $V_{\text{in}} = 12 \text{ V}$ ,  $R_1 = 10 \text{ k}\Omega$  et  $R_2 = 10 \text{ k}\Omega$  donnent  $V_{\text{out}} = 6 \text{ V}$ . Un diviseur sert notamment aux références, polarisations et adaptations de niveau ; il ne remplace pas un régulateur lorsque la charge varie.

## 14. Mesurer une tension avec un multimètre

La tension se mesure avec un voltmètre ou un multimètre numérique. Contrairement à une mesure de courant, la mesure de tension s'effectue **en parallèle** entre deux points.

**Procédure** : cordon noir sur COM ; cordon rouge sur V/ $\Omega$  ; sélectionner  $V_{\blacksquare}$  pour le continu ou  $V_{\sim}$  pour l'alternatif ; choisir un calibre adapté si nécessaire ; placer les pointes entre les deux points ; lire la valeur.

## 15. Erreur de polarité

En tension continue, si les pointes sont inversées, un multimètre numérique affiche généralement une valeur négative. Une mesure de +5,00 V devient par exemple -5,00 V.

## 16. Résistance interne du voltmètre

Un voltmètre idéal aurait une résistance d'entrée infinie. Les multimètres numériques possèdent en pratique une résistance d'entrée élevée, ce qui limite leur influence sur le circuit. Dans les circuits à haute impédance, cette influence peut néanmoins devenir significative.

## 17. Mesurer une tension à l'oscilloscope

L'oscilloscope permet d'observer **l'évolution de la tension dans le temps** : forme du signal, amplitude, fréquence, rapport cyclique, parasites, ondulation, transitoires et stabilité.

Une alimentation peut afficher 5,00 V au multimètre tout en présentant des parasites visibles à l'oscilloscope. Les deux instruments sont donc complémentaires.

## 18. Valeur moyenne, efficace et crête

La **valeur de crête** est la valeur maximale  $U_{\text{max}}$ . La **valeur crête-à-crête** est  $U_{\text{pp}} = U_{\text{max}} - U_{\text{min}}$ . Pour une sinusoïde symétrique,  $U_{\text{pp}} = 2 \times U_{\text{max}}$ .

La **valeur efficace (RMS)** représente la tension continue qui produirait le même effet thermique dans une résistance. Pour une sinusoïde :

$$U_{\text{eff}} = U_{\text{max}} / \sqrt{2}$$

## 19. Tension nominale et tension réelle

La tension indiquée sur un appareil est souvent une valeur nominale. La tension réellement mesurée peut différer légèrement selon la tolérance, la charge, la température, la régulation et l'état de fonctionnement.

## 20. Régulation de tension

Les circuits électroniques nécessitent souvent plusieurs tensions précises. On rencontre des régulateurs linéaires, LDO, convertisseurs Buck, Boost, Buck-Boost et alimentations à découpage.

Exemple de chaîne : **19 V** → **5 V** → **3,3 V** → **1,8 V**.

## 21. La tension dans une carte électronique

Une carte moderne peut comporter de nombreux rails : 12 V, 5 V, 3,3 V, 1,8 V, 1,2 V, 1,0 V, etc. Une seule tension absente peut empêcher le système de fonctionner.

## 22. Utilisation de la tension pour le diagnostic

Lorsqu'un appareil ne fonctionne plus, on peut suivre méthodiquement le chemin de l'énergie : **Source** → **Protection** → **Filtrage** → **Conversion** → **Régulation** → **Charge**.

À chaque étape, on vérifie la présence, la valeur, la polarité, la stabilité, les chutes de tension et, si nécessaire, l'ondulation.

## 23. Exemple de diagnostic

Supposons une carte alimentée en 12 V : entrée 12,1 V ; après fusible 12,1 V ; après protection 12,0 V ; entrée du régulateur 5 V : 12,0 V ; sortie du régulateur : 0 V.

Les mesures orientent alors la recherche vers le régulateur, son signal d'activation, un éventuel court-circuit de sortie ou ses composants périphériques.

## 24. Tension trop faible

Une tension trop faible peut provenir d'une surcharge, d'un mauvais contact, d'une résistance parasite, d'un condensateur ou régulateur défectueux, d'un transistor/MOSFET défaillant ou d'un court-circuit partiel.

Une mesure à vide peut être correcte alors que la tension s'effondre sous charge.

## 25. Tension trop élevée

Une surtension peut provenir d'une régulation défectueuse, d'une boucle de rétroaction coupée, d'une référence incorrecte ou d'une alimentation inadaptée. Elle peut détruire rapidement des circuits intégrés sensibles.

## 26. Tension instable

Une tension fluctuante peut révéler des condensateurs dégradés, une mauvaise soudure, un mauvais contact, une surcharge intermittente, une protection cyclique ou une boucle de régulation instable.

L'oscilloscope est souvent l'outil le plus adapté.

## 27. Ondulation — Ripple

Une petite composante alternative peut se superposer à une tension continue. Cette **ondulation résiduelle** peut provoquer instabilité, parasites, erreurs numériques, redémarrages ou bruit analogique.

## 28. Masse et mesures dangereuses à l'oscilloscope

Sur de nombreux oscilloscopes de laboratoire, la masse de la sonde est reliée à la terre de protection. La connecter sur un point incorrect d'un circuit relié au secteur peut provoquer un court-circuit dangereux et

endommager le matériel.

Il ne faut jamais supposer qu'un point appelé « masse » dans un schéma peut être relié sans risque à la terre de l'oscilloscope.

## 29. Tension et puissance électrique

La puissance électrique est liée à la tension et au courant :

$$P = U \times I$$

Exemple : une charge sous 12 V consommant 2 A absorbe **24 W**. Pour une résistance :  $P = R \times I^2$  ou  $P = U^2 / R$ .

## 30. Énergie électrique et tension

La définition physique de la tension peut être exprimée par :

$$U = W / Q$$

Avec U en volts, W en joules et Q en coulombs : **1 volt = 1 joule par coulomb**.

## 31. Tension à vide et tension en charge

Une source peut présenter une tension correcte à vide puis chuter lorsqu'une charge est connectée. Cette comparaison est importante pour diagnostiquer batteries, alimentations, câbles, connecteurs et mauvais contacts.

## 32. Tensions fantômes

Les multimètres numériques à forte impédance peuvent afficher une tension issue de couplages capacitifs, circuits flottants, fuites ou charges résiduelles. Mesurer une tension ne prouve donc pas à lui seul que l'alimentation fonctionne correctement sous charge.

## 33. Erreurs fréquentes lors des mesures

Erreurs classiques : sélectionner AC au lieu de DC ; utiliser le mauvais calibre ; choisir une mauvaise référence de masse ; confondre tension et courant ; placer un multimètre en mode ampèremètre directement aux bornes d'une alimentation ; négliger la liaison à la terre de l'oscilloscope ; ignorer les tolérances.

## 34. Règles de sécurité

Avant toute mesure : vérifier le multimètre et les cordons ; sélectionner le mode approprié ; utiliser une catégorie de mesure adaptée ; ne pas toucher les parties conductrices ; éviter les courts-circuits ; respecter les procédures liées au secteur ; décharger les condensateurs de manière contrôlée lorsque nécessaire.

Une alimentation déconnectée du secteur n'est pas nécessairement immédiatement hors tension.

## 35. Méthode professionnelle de contrôle d'une alimentation

1. Identifier la référence 0 V.
2. Identifier la tension attendue.
3. Vérifier la tension d'entrée.
4. Suivre le rail sur le schéma ou la carte.
5. Mesurer avant et après les protections.
6. Contrôler les entrées et sorties des régulateurs.
7. Vérifier les signaux d'activation.

8. Rechercher une chute anormale.
9. Contrôler la stabilité à l'oscilloscope si nécessaire.
10. Comparer aux spécifications constructeur.

Principe : **mesurer** → **comparer** → **localiser** → **confirmer**.

## 36. Tableau récapitulatif

| Grandeur   | Symbole | Unité            | Instrument                            |
|------------|---------|------------------|---------------------------------------|
| Tension    | U       | Volt (V)         | Voltmètre / multimètre / oscilloscope |
| Intensité  | I       | Ampère (A)       | Ampèremètre / multimètre              |
| Résistance | R       | Ohm ( $\Omega$ ) | Ohmmètre / multimètre                 |
| Puissance  | P       | Watt (W)         | Mesure ou calcul                      |

**Relations essentielles :**  $U = R \times I$  •  $I = U / R$  •  $R = U / I$  •  $P = U \times I$  •  $P = U^2 / R$  •  $P = R \times I^2$

## 37. À retenir

La tension électrique est une **différence de potentiel entre deux points**. Elle se mesure en volts et, dans de nombreux circuits continus, par rapport à une référence GND ou 0 V.

Elle peut être continue, alternative, stable, variable, pulsée, bruitée ou ondulée. Le multimètre permet les contrôles de base ; l'oscilloscope permet d'observer son évolution temporelle.

En dépannage, une tension doit être interprétée avec sa valeur attendue, sa référence, les conditions de charge et le fonctionnement de l'étage concerné.

## Conclusion

La maîtrise de la **tension électrique** constitue une base indispensable de l'électricité et de l'électronique. Comprendre la différence de potentiel, la polarité, les tensions continues et alternatives, les chutes de tension et les méthodes de mesure facilite l'analyse des circuits.

En dépannage électronique, la tension devient un véritable **outil de diagnostic**. En suivant méthodiquement les lignes d'alimentation, le technicien peut déterminer où une tension disparaît, chute, augmente anormalement ou devient instable.

La bonne démarche est : **comprendre le circuit, déterminer la valeur attendue, choisir une référence correcte, effectuer la mesure puis interpréter le résultat**.