

Électricité — tension, courant, résistance et puissance sans magie

Version PDF de travail - contenu du cours HTML canonique

Boussole du cours

Question directrice : Comment relier ce que “pousse” une source électrique, ce qui circule et ce qui chauffe ou alimente réellement une charge ?

Réponse essentielle

Électricité — tension, courant, résistance et puissance sans magie. La question à résoudre est la suivante : Comment relier ce que “pousse” une source électrique, ce qui circule et ce qui chauffe ou alimente réellement une charge ? Comment relier ce que “pousse” une source électrique, ce qui circule et ce qui chauffe ou alimente réellement une charge ? La suite du cours montre comment passer de cette idée à un raisonnement contrôlable : unités explicites, hypothèses annoncées, calculs reproductibles, ordre de grandeur et limites d’interprétation. Le résultat n’est utile que si l’on peut expliquer ce qu’il mesure, d’où viennent les nombres et quelle décision d’ingénierie il éclaire.

Synthèse de départ : les démonstrations, exemples, limites et sources sont développés dans le corps du cours.

Mots clés avant de commencer

énergie · puissance · unité · ordre de grandeur · hypothèse

1 — La question physique

Comment relier ce que “pousse” une source électrique, ce qui circule et ce qui chauffe ou alimente réellement une charge ?

2 — Symboles, lecture et unités

U — tension en volts ; R — résistance en ohms ; I — courant en ampères ; P — puissance en watts.

3 — D’où vient la relation ?

La loi d’Ohm relie tension, courant et résistance pour un composant ohmique. La puissance électrique relie tension et courant à l’énergie transférée par unité de temps. Ces deux relations permettent de raisonner sur une ligne électrique simple sans confondre volts, ampères et watts.

4 — A — Résistance de $10\ \Omega$ sous 20 V

$I=U/R=20/10=2$ A. La puissance vaut $P=UI=20\times 2=40$ W.

5 — B — Même résistance, tension doublée

Sous 40 V, $I=4$ A et $P=160$ W. Doubler la tension a quadruplé la puissance dissipée dans cette résistance.

6 — C — Même puissance à tension plus élevée

Pour transmettre 1 000 W à 100 V, $I=10$ A ; à 500 V, $I=2$ A. Un courant plus faible peut réduire certaines pertes ohmiques dans les câbles.

7 — Comprendre plus loin

La tension n’est pas un “débit d’électricité”

La tension est une différence de potentiel électrique. Le courant mesure un débit de charge. Les confondre empêche de comprendre pourquoi une ligne haute tension peut transporter beaucoup de puissance avec un courant relativement limité.

Les pertes dans un câble

Une résistance de câble dissipe $P_{\text{pertes}}=I^2R$. Comme le courant est au carré, réduire I peut diminuer fortement l'échauffement pour une même résistance de ligne.

Le réseau spatial est un système de décisions

Panneau solaire, batterie, convertisseur, bus, fusible et charge ont chacun des limites de tension, courant, température et puissance. Un réseau fiable doit surveiller les marges, isoler les défauts et délester avant l'effondrement.

Tension et courant ne sont pas la même chose

La tension décrit une différence de potentiel électrique ; le courant décrit un débit de charge. Une grande tension n'implique donc pas automatiquement un grand courant : la charge connectée et sa résistance comptent. L'analogie hydraulique peut aider au début, mais elle devient trompeuse si l'on oublie que les électrons et les champs électriques ne se comportent pas exactement comme de l'eau dans un tuyau.

Puissance et énergie doivent être distinguées

La puissance P indique un rythme de conversion d'énergie, en watts. L'énergie consommée pendant une durée vaut l'intégrale de la puissance ; si la puissance est constante, $E=P \times t$. Un système de 10 kW ne "contient" pas 10 kWh : kW mesure une puissance, kWh une énergie. Cette différence est essentielle pour dimensionner batteries et autonomie.

Pourquoi augmenter la tension peut réduire les pertes de câbles

Pour transmettre une puissance donnée, $P=UI$. Une tension plus élevée permet donc un courant plus faible. Or les pertes résistives des conducteurs suivent $P_{\text{pertes}}=I^2R$: réduire I peut réduire fortement les pertes, au prix d'exigences différentes en isolation, conversion et sécurité. Le choix d'une tension de bus est donc un compromis de système.

Série, parallèle et continuité de service

Mettre des éléments en série ou en parallèle change tensions, courants et comportement en cas de panne. Une architecture redondante ne se résume pas à "deux batteries" : il faut vérifier bus commun, convertisseurs, contacteurs, protections et possibilité d'isoler un défaut. L'électricité rejoint ici directement l'ingénierie de résilience.

Mesurer l'électricité sans perturber le système

Tension, courant, résistance d'isolement et qualité de l'alimentation sont surveillés par des capteurs. Mais une mesure peut être biaisée, saturée ou perdre sa référence. Un système critique doit donc relier les valeurs électriques à des seuils, des comparaisons indépendantes et des protections matérielles plutôt que faire confiance à un seul nombre affiché.

8 — Exercices et corrigés

Défi 1

A — Résistance de 10 Ω sous 20 V : refaites le raisonnement avec les valeurs indiquées, puis expliquez le sens physique du résultat.

Défi 2

B — Même résistance, tension doublée : refaites le raisonnement avec les valeurs indiquées, puis expliquez le sens physique du résultat.

Défi 3

C — Même puissance à tension plus élevée : refaites le raisonnement avec les valeurs indiquées, puis expliquez le sens physique du résultat.

9 — Sources primaires et techniques

- NASA Glenn — Guide to Rockets
- NASA — Electrical Power Systems overview
- NASA Glenn — Beginner's Guide to Aeronautics