

Programme de colle 2

S. Benhajlahsen → PCSI₁



Semaine du lundi 25 septembre 2023

Sommaire

I Introduction à la physique et analyse dimensionnelle	1
II Outils mathématiques pour la physique	3
III Dipôles électriques dans l'ARQS	4

Notes pour les colleurs : Les deux premières semaines doivent être le moment pour vérifier l'apprentissage du cours par les étudiants.

Au programme cette semaine :

I Introduction à la physique et analyse dimensionnelle

1. Qu'est-ce que la physique ?

- (a) une petite définition
- (b) les branches de la physique classique
- (c) les théories non classiques
- (d) les domaines de recherche actuels

2. Unités et dimensions

- (a) grandeurs mesurables et repérables

Capacité exigible : Citer des exemples de grandeur mesurables et de grandeurs repérables pour une même dimension.

- (b) le système international d'unités (SI)

Capacité exigible : Citer le nom des sept unités du système international avec leur symbole et la dimension associée.

- (c) définition légale des 7 unités fondamentales

- (d) unités dérivées

Capacité exigible : Donner la définition du mètre par seconde ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$), du mètre par seconde carrée ($\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$), du newton (N), du joule (J), du watt (W), du pascal (Pa), du hertz (Hz), du coulomb (C) et du volt (V).

- (e) autres unités

- (f) notion de dimension

- (g) équation aux dimensions

Capacité exigible : Établir ou donner l'équation aux dimensions (et/ou l'équations aux unités) de la force, de la pression, de l'énergie et de la puissance.

Capacité exigible : À partir d'une loi physique connue ou donnée, retrouver la dimension d'une grandeur puis l'unité dans le système international.

Exemple : Une résistance électrique R traversé par un courant d'intensité I et soumise une tension électrique

U dissipe, par effet Joule, une puissance \mathcal{P} telle que :

$$\mathcal{P} = R I^2 = \frac{U^2}{R}$$

On rappelle que l'unité, dans le système international, de la résistance électrique est le ohm, de symbole Ω . Écrire l'équation aux dimensions de la résistance électrique puis donner l'expression du ohm (symbole Ω) en fonction des sept unités fondamentales.

Solution : On part de la relation proposée qui peut se réécrire :

$$R = \frac{\mathcal{P}}{I^2}$$

Une puissance est homogène à une énergie sur un temps donc :

$$[\mathcal{P}] = M L^2 T^{-3}$$

puis

$$[R] = M L^2 T^{-3} I^{-2} \quad \text{équation aux dimensions}$$

Autrement dit,

$$1 \Omega = 1 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-3} \cdot \text{A}^{-2}$$

(h) homogénéité d'une expression

- i. règles d'homogénéité
- ii. mise en application

Capacité exigible : Déterminer la dépendance d'une grandeur inconnues en fonction d'autres grandeurs. On pourra s'appuyer sur l'exemple ci-dessous.

Exemple : La vitesse v de propagation d'une petite vibration transversale le long d'une corde dépend de la "tension" F de la corde (force appliquée à chacune des deux extrémités de la corde), de la longueur ℓ de la corde et de sa masse m . Par analyse dimensionnelle, déterminer la loi donnant v en fonction de m , ℓ et F .

Solution : On pose :

$$v = C m^\alpha \ell^\beta F^\gamma$$

où C est une constante sans dimension et α , β et γ trois nombres sans dimension. Il faut trouver les valeurs des 3 exposants α , β et γ . L'équation aux dimensions correspondante s'écrit :

$$L T^{-1} = (M^\alpha) (L^\beta) (M^\gamma) (L^\gamma T^{-2\gamma})$$

Soit encore : $L T^{-1} = M^{\alpha+\gamma} L^{\beta+\gamma} T^{-2\gamma}$. Puisque les 3 dimensions sont indépendantes, il vient alors :

$$\begin{cases} \alpha + \gamma = 0 \\ \beta + \gamma = 1 \\ -2\gamma = -1 \end{cases} \iff \begin{cases} \alpha = -1/2 \\ \beta = 1/2 \\ \gamma = 1/2 \end{cases}$$

Finalement, il vient :

$$v = C \sqrt{\frac{F \ell}{m}}$$

(i) Analyse dimensionnelle

3. Résultat, A.N. et ordre de grandeur, sens physique

- (a) notation scientifique
- (b) chiffres significatifs
- (c) sens physique

II Outils mathématiques pour la physique

1. Dérivation d'une fonction d'une variable réelle

2. Développement limité (DL)

|| **Capacité exigible :** Connaître et utiliser les développements limités à l'ordre 1 des fonctions $(1+x)^{\alpha}$, $\exp(x)$ et $\ln(1+x)$, et à l'ordre 2 des fonctions $\cos(x)$ et $\sin(x)$.

(a) Approximation d'une fonction au voisinage d'un point

|| **Capacité exigible :** Utiliser la formule de Taylor à l'ordre un ou deux ; interpréter graphiquement.

(b) Formule de Taylor-Young

(c) Opérations sur les DL

(d) Exemples d'utilisation

3. Différentielle

|| **Capacité exigible :** Notation $\frac{dx}{dt}$.

(a) Définition

(b) Notation différentielle de la dérivée

4. Primitive et intégrale

(a) Primitive et intégrale d'une fonction d'une variable réelle

(b) Comment mesurer l'aire sous la courbe relative à la fonction $f(x)$?

III Dipôles électriques dans l'ARQS

- Charge électrique, intensité du courant.

Capacité exigible : Justifier que l'utilisation de grandeurs électriques continues est compatible avec la quantification de la charge électrique.

Réponse : C'est un problème d'échelle qui sera **vu, plus tard**, en électromagnétisme. La quantification de la charge se perçoit à l'échelle microscopique. Par contre, lorsqu'on se place à des échelles plus grandes (macroscopique ou mésoscopique), les grandeurs physiques deviennent continues dans l'espace et ne subissent plus les irrégularités de l'échelle microscopique.

Capacité exigible : Exprimer l'intensité du courant électrique en termes de débit de charge.

Réponse : Si une charge δq traverse une surface S pendant la durée dt , le courant électrique est alors le débit de charge et $i = \frac{\delta q}{dt}$.

Capacité exigible : Exprimer la condition d'application de l'ARQS en fonction de la taille du circuit et de la fréquence. Relier la loi des nœuds au postulat de la conservation de la charge.

Réponse : Si on note f la fréquence du courant électrique pour un circuit de taille d , alors le régime sera considéré comme lentement variable si $f \ll \frac{c}{d}$ où $c = 2,99 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. On parle alors d'**ARQS**^a.

a. approximation des régimes quasi-stationnaires

Capacité exigible : Utiliser la loi des mailles. Algébriser les grandeurs électriques et utiliser les conventions récepteur et générateur.

Capacité exigible : Citer les ordres de grandeur des intensités et des tensions dans différents domaines d'application.

Réponse : Les courants dans les appareils électroménagers sont de l'ordre de quelques ampères et les courants dans les circuits électroniques sont de l'ordre de quelques milliampères.

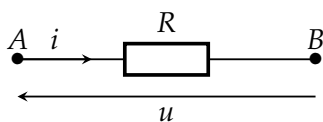
- Potentiel, référence de potentiel, tension.

- Puissance.

Remarque : Il faut bien distinguer la convention récepteur ou générateur du comportement réel lié au signe de la puissance.

Ordre de grandeur : Les appareils électroménagers ont des puissance de fonctionnement de l'ordre de quelques kilowatts.

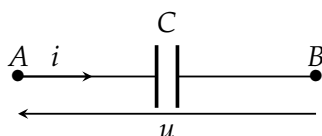
- Dipôles : résistances, condensateurs, bobines, sources décrites par un modèle linéaire (voir figures 1, 2 et 3).
- Caractéristique d'un dipôle. Point de fonctionnement (voir figure 4).



$$u = R i$$

$$\mathcal{P}_{\text{reçue}} = R i^2$$

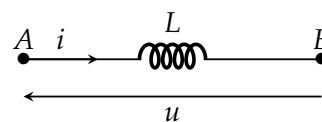
FIGURE 1 – Résistor



$$i = C \cdot \frac{du}{dt}$$

$$\mathcal{P}_{\text{reçue}} = \frac{d}{dt} \left(\frac{1}{2} C u^2 \right)$$

FIGURE 2 – condensateur



$$u = L \cdot \frac{di}{dt}$$

$$\mathcal{P}_{\text{reçue}} = \frac{d}{dt} \left(\frac{1}{2} L i^2 \right)$$

FIGURE 3 – bobine

Caractéristique La caractéristique d'un dipôle est la représentation de l'évolution du courant i en fonction de la tension u aux bornes de ce même dipôle (exemple en figure 4).

Point de fonctionnement On réalise un circuit en reliant deux dipôles dont les caractéristiques sont connues. Le circuit est alors traversé par un courant i qui correspond à l'intersection des caractéristiques.

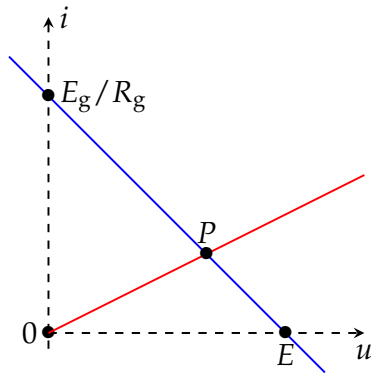


FIGURE 4
