

Choisir une source lumineuse

Terminale Bac Pro ERA-MA | Groupement 3 | Physique – Signaux

Objectifs du chapitre

- Exploiter le spectre d'émission d'une source lumineuse
- Comparer l'efficacité énergétique de différentes sources lumineuses
- Connaître les caractéristiques d'un laser et ses applications en atelier

1. Introduction – L'éclairage en atelier et sur chantier

Le choix d'un éclairage adapté est crucial en atelier et sur chantier. Un mauvais éclairage augmente les risques d'accidents, fatigue les yeux et dégrade la qualité du travail (erreurs de traçage, mauvaise perception des couleurs du bois ou du métal). De plus, l'éclairage représente en moyenne **30 à 40 % de la consommation électrique** d'un atelier.

APPLICATION PROFESSIONNELLE

Un chef d'atelier de menuiserie doit renouveler l'éclairage de son atelier de 500 m². Il doit choisir entre des tubes fluorescents anciens (80 lm/W) et des LED modernes (130 lm/W). Un niveau laser est utilisé pour les traçages horizontaux sur chantier. Comprendre la physique de la lumière permet de faire les bons choix techniques et économiques.

2. La lumière – Onde électromagnétique et spectre visible

DÉFINITION

La **lumière** est une onde électromagnétique. Le spectre visible correspond aux longueurs d'onde comprises entre **380 nm (violet)** et **780 nm (rouge)** (1 nm = 10⁻⁹ m).

Relation entre longueur d'onde, fréquence et célérité :

$$c = \lambda \times \nu$$

$c = 3 \times 10^8$ m/s (vitesse de la lumière) | λ = longueur d'onde (m) | ν = fréquence (Hz)

MÉTHODE

Calculer la fréquence ou la longueur d'onde d'une lumière

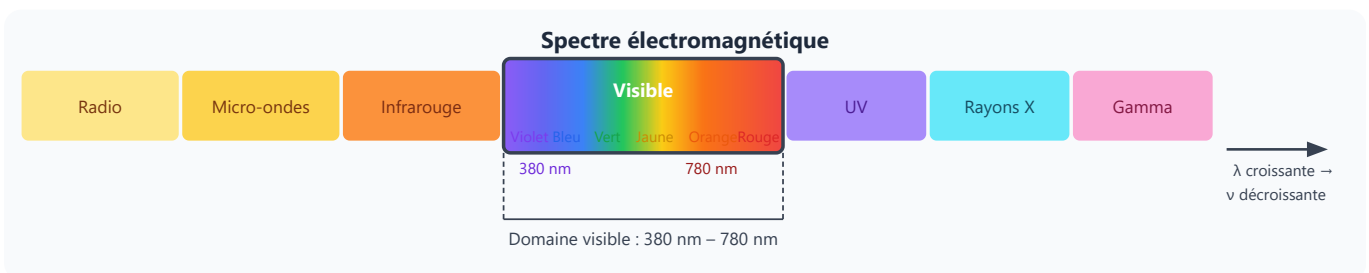
1. Repérer la donnée connue : longueur d'onde λ (en m) ou fréquence ν (en Hz).
2. Écrire la relation : $c = \lambda \times \nu$ avec $c = 3 \times 10^8$ m/s.
3. Isoler l'inconnue :
 - Pour trouver ν : $\nu = \frac{c}{\lambda}$
 - Pour trouver λ : $\lambda = \frac{c}{\nu}$
4. Convertir les unités si nécessaire (1 nm = 10^{-9} m).
5. Effectuer le calcul et vérifier que le résultat est cohérent (λ visible entre 380 et 780 nm).

APPLICATION

Un laser de traçage utilisé par un installateur d'agencement émet une lumière de longueur d'onde $\lambda = 630$ nm. Calculer sa fréquence.

Données : $c = 3 \times 10^8$ m/s

3. Le spectre électromagnétique



4. Spectres d'émission des sources lumineuses

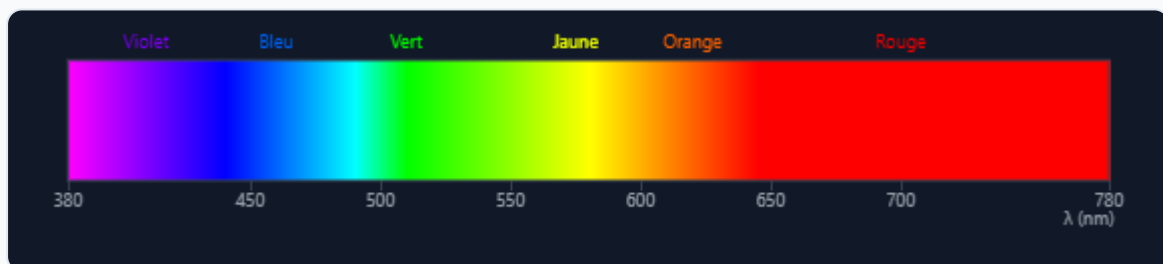
DÉFINITION

Le **spectre d'émission** d'une source lumineuse représente la répartition de l'énergie émise selon la longueur d'onde.

- **Spectre continu** : toutes les longueurs d'onde du visible (soleil, incandescence)
- **Spectre de raies** : seulement quelques longueurs d'onde précises (lampe à vapeur de mercure, sodium)
- **Spectre discret / large** : LED (spectre centré avec pic)
- **Monochromatique** : une seule longueur d'onde (laser)

5. Animation - Le spectre visible et les sources lumineuses

Cliquez sur un bouton pour visualiser la longueur d'onde caractéristique de chaque source.



Cliquez sur un bouton pour explorer une source lumineuse.

6. Efficacité lumineuse (ou énergétique)

DÉFINITION

L'**efficacité lumineuse** η (êta) est le rapport entre le flux lumineux produit (en lumens, lm) et la puissance électrique consommée (en watts, W).

$$\eta = \frac{\Phi}{P} \quad (\text{lm/W})$$

η = efficacité lumineuse (lm/W) | Φ = flux lumineux (lm) | P = puissance consommée (W)

MÉTHODE

Calculer et comparer l'efficacité lumineuse de sources

1. Relever les données : puissance électrique P (en W) et flux lumineux Φ (en lm) de chaque source.
2. Appliquer la formule : $\eta = \frac{\Phi}{P}$ pour obtenir l'efficacité en lm/W.
3. Comparer les résultats : plus η est élevé, plus la source est efficace (elle produit plus de lumière pour moins de consommation).
4. Conclure en termes d'économie d'énergie : pour un même éclairage souhaité, la source avec le η le plus élevé consomme moins.

EXEMPLE RÉSOLU

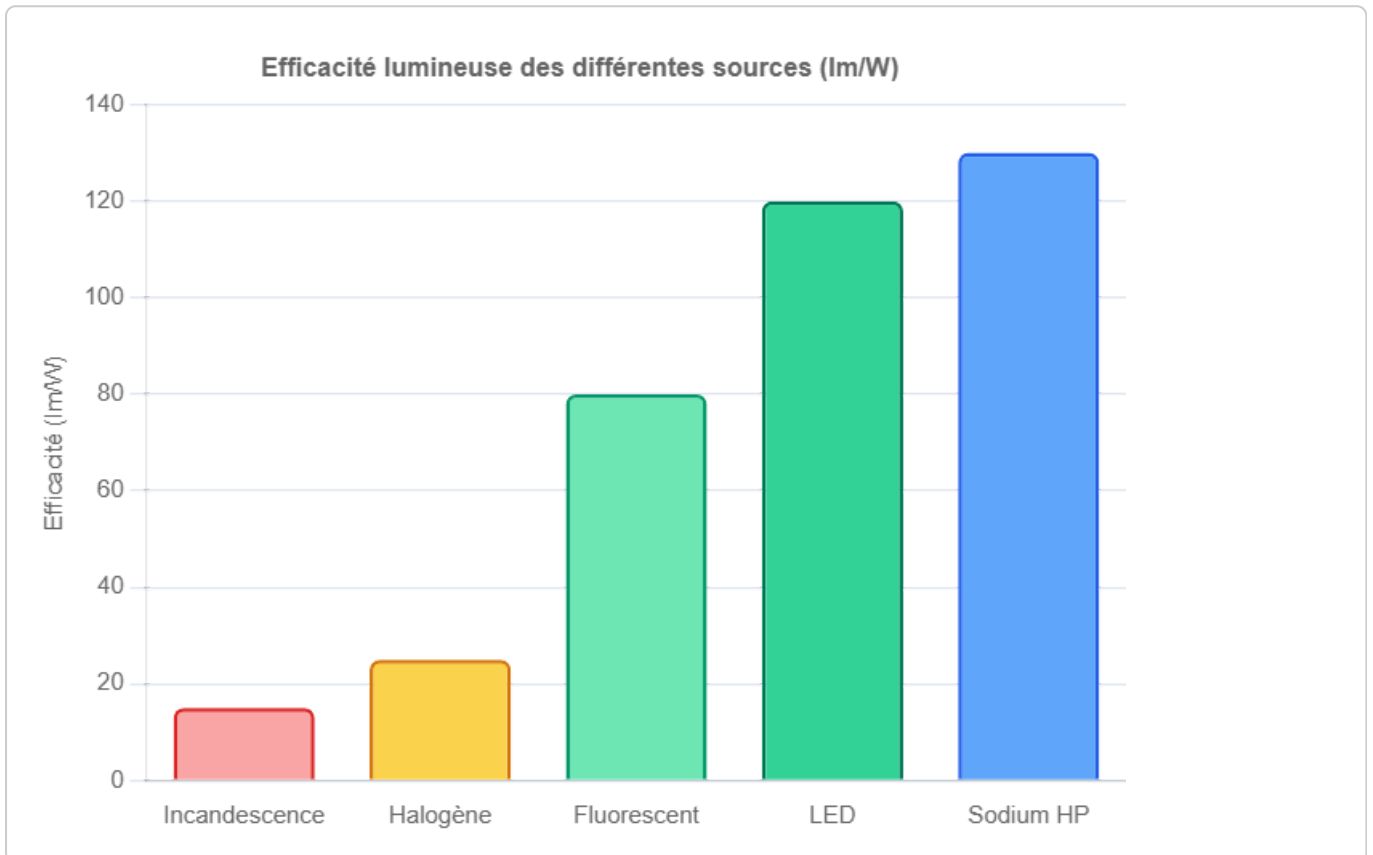
Une LED de 10 W produit un flux de 1 100 lm. Calculer son efficacité.

- 1 Identifier les données : $P = 10 \text{ W}$, $\Phi = 1\,100 \text{ lm}$.
- 2 Appliquer la formule : $\eta = \frac{\Phi}{P} = \frac{1100}{10}$
- 3 Calculer : $\eta = 110 \text{ lm/W}$
- 4 Interpréter : c'est une bonne efficacité, bien supérieure à une ampoule incandescente ($\approx 15 \text{ lm/W}$) !

APPLICATION

Un chef d'atelier de menuiserie compare deux tubes d'éclairage : un tube fluorescent de 36 W produisant 3 200 lm, et une réglette LED de 24 W produisant 2 800 lm. Laquelle est la plus efficace énergétiquement ?

7. Comparaison des efficacités lumineuses (graphique)



8. Température de couleur

DÉFINITION

La **température de couleur** (en Kelvin, K) caractérise la teinte de la lumière émise. Une température élevée donne une lumière "froide" (bleutée), une température basse donne une lumière "chaude" (jaunâtre).

Température (K)	Apparence	Usage typique
$\approx 2\,700\text{ K}$	Blanc chaud (jaune)	Maisons, restaurants
$\approx 4\,000\text{ K}$	Blanc neutre	Bureaux, commerces
$\approx 6\,500\text{ K}$	Blanc froid (bleuté)	Ateliers, hôpitaux, zones de travail

APPLICATION

Un installateur d'agencement équipe un showroom de luminaires LED à $3\,000\text{ K}$ et un atelier de fabrication de meubles avec des tubes LED à $5\,000\text{ K}$. Expliquer pourquoi ces choix sont pertinents.

ATTENTION

Un atelier de menuiserie ou de métallerie nécessite généralement une lumière **blanc neutre à blanc froid ($4\,000\text{--}6\,500\text{ K}$)** pour une bonne perception des couleurs et des contrastes lors de l'usinage et du contrôle qualité.

MÉTHODE

Choisir une source lumineuse adaptée à un local professionnel

1. Identifier le besoin : quel type de travail sera réalisé (travail de précision, stockage, circulation) ?
2. Choisir la température de couleur : blanc neutre ($4\,000\text{ K}$) à blanc froid ($6\,500\text{ K}$) pour un atelier ; blanc chaud ($2\,700\text{ K}$) pour un espace d'accueil.
3. Vérifier l'IRC : s'assurer que $\text{IRC} \geq 80$ si la perception fidèle des couleurs est nécessaire (contrôle de finitions, choix de teintes).
4. Comparer l'efficacité lumineuse (lm/W) des sources disponibles pour minimiser la consommation.
5. Vérifier la durée de vie et le coût total (achat + consommation) pour faire le choix le plus économique.

9. Indice de Rendu des Couleurs (IRC)

DÉFINITION

L'**IRC** (Indice de Rendu des Couleurs, ou CRI en anglais) mesure la fidélité de restitution des couleurs par rapport à une lumière de référence. Il va de 0 à 100 (100 = lumière naturelle). **IRC $\geq$ 80 recommandé pour les espaces de travail.**

10. Tableau comparatif des sources lumineuses

Type	Efficacité (lm/W)	Durée de vie	IRC	Temp. couleur	Applications professionnelles
Incandescence	~15	1 000 h	100	2 700 K	Obsolète (interdite)
Halogène	~25	2 000 h	100	3 000 K	Projecteurs chantier (ancien)
Fluorescent (néon)	~80	10 000 h	80–85	2 700–6 500 K	Anciens ateliers, garages
LED	~100–150	25 000–50 000 h	80–95	2 700–6 500 K	Ateliers, chantiers, LED linéaires
Sodium haute pression	~130	16 000 h	25	2 000 K	Éclairage voirie, entrepôts

11. Le laser – Caractéristiques et applications

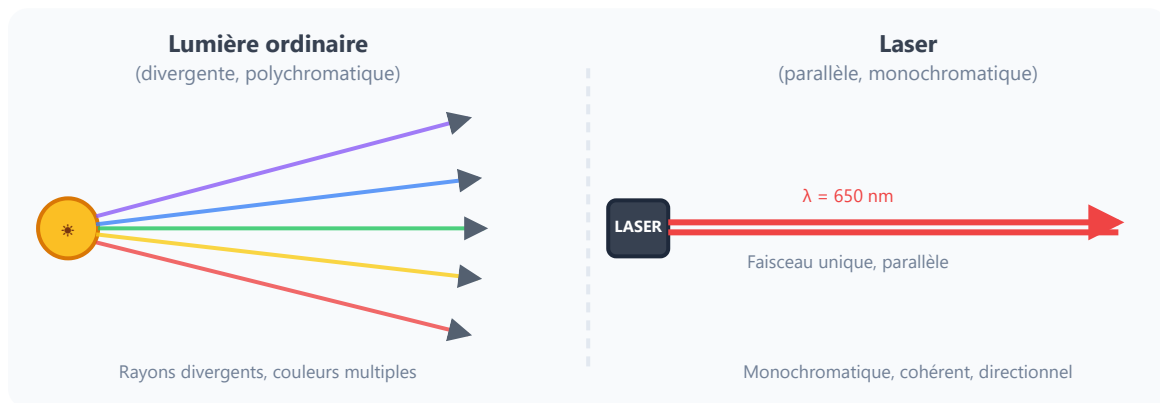
DÉFINITION

Le mot **LASER** signifie : *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation* (amplification de lumière par émission stimulée de rayonnement).

CARACTÉRISTIQUES DU LASER

- **Monochromatique** : une seule longueur d'onde (une seule couleur)
- **Cohérent** : toutes les ondes sont en phase (synchronisées)
- **Très directionnel** : le faisceau reste très étroit sur de grandes distances
- **Intense** : grande concentration d'énergie sur une petite surface

12. Comparaison – Lumière ordinaire vs Laser



APPLICATIONS LASER EN ATELIER ET SUR CHANTIER

- **Niveau laser** : traçage de niveaux horizontaux et verticaux sur chantier (pose de cloisons, menuiseries)
- **Télémètre laser** : mesure de distances précises dans les bâtiments
- **Découpe laser** : découpe précise de tôles métalliques ou de bois dans les ateliers modernes
- **Traceur laser** : report précis de plans sur les matériaux

SECURITE LASER

Les lasers sont classés de 1 (inoffensif) à 4 (dangereux). Les niveaux et télémètres de chantier sont en classe 2 ($\lambda = 635 \text{ nm}$, rouge). **Ne jamais regarder directement dans un faisceau laser !** Risque de lésion irréversible de la rétine.

À retenir – Les points clés du chapitre

- Spectre visible : **380 nm (violet) à 780 nm (rouge)**
- Efficacité lumineuse : $\eta = \frac{\Phi}{P}$ en lm/W — la LED est la plus efficace (~120 lm/W)
- Température de couleur : blanc chaud (2 700 K) → blanc froid (6 500 K)
- IRC ≥ 80 pour les ateliers et locaux de travail
- Laser = monochromatique + cohérent + directionnel (applications sur chantier : niveau, télémètre, découpe)

13. Mini exercices

Exercice 1

Une LED consomme 10 W et produit un flux lumineux de 1 100 lm. Calculer son efficacité lumineuse.

► Voir la réponse

Exercice 2

Quelle source lumineuse a la meilleure efficacité énergétique : une ampoule incandescente (15 lm/W) ou une LED (120 lm/W) ?

► Voir la réponse

Exercice 3

Citer 2 caractéristiques d'un laser qui le distinguent d'une source lumineuse ordinaire.

► Voir la réponse

Exercice 4

Un atelier de menuiserie doit renouveler son éclairage. Quel IRC minimum est recommandé pour bien percevoir les couleurs et les défauts du bois ?

► Voir la réponse

ERREURS FRÉQUENTES À ÉVITER

- Confondre *flux lumineux* (lm) et *puissance* (W) : le lumen mesure la lumière utile perçue par l'œil, le watt mesure la consommation électrique
- Croire qu'une source "froide" en couleur est physiquement froide : blanc froid = température de couleur élevée (6 500 K), mais pas de rapport avec la température physique de la lampe
- Penser que plus c'est puissant, plus c'est lumineux : non, l'efficacité (lm/W) est ce qui compte !
- Négliger l'IRC : une lampe sodium (IRC = 25) donne d'excellents lm/W mais les couleurs apparaissent faussées – inutilisable pour contrôler la qualité d'une finition

Terminale Bac Pro ERA-MA – Groupement 3 – Physique/Signaux – Ch.6

Erreurs fréquentes



Confondre flux lumineux et puissance électrique

Le flux lumineux (en lumens, lm) mesure la quantité de lumière produite. La puissance (en watts, W) mesure l'énergie électrique consommée. Ce ne sont pas la même chose.

Conseil : une LED de 10 W peut produire plus de lumière qu'une ampoule incandescente de 60 W — c'est l'efficacité η qui compte.



Oublier de convertir nm en mètres dans $c = \lambda \nu$

La relation $c = \lambda \times \nu$ nécessite λ en mètres. Utiliser λ en nanomètres directement donne un résultat

faux d'un facteur 10^9 .

Conseil : toujours convertir — $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$ — avant d'appliquer la formule.

✗ Croire que "blanc chaud" = meilleur pour un atelier

Un éclairage "blanc chaud" (2 700 K) est agréable en habitat mais insuffisant pour un atelier. Les postes de travail requièrent du "blanc neutre" ou "blanc froid" (4 000–6 500 K) pour la perception des couleurs du bois et du métal.

Conseil : choisir la température de couleur selon l'usage — confort ou performance visuelle.

✗ Ignorer l'IRC lors du choix d'une source

Un IRC bas (< 80) fausse la perception des couleurs — problème grave en ébénisterie ou agencement où la teinte du bois et des finitions doit être vue fidèlement.

Conseil : exiger $\text{IRC} \geq 80$ pour tout poste de travail en atelier ou showroom.

Simulation interactive

[Sources lumineuses](#)

Choisir une source lumineuse

Exercices – Terminale Bac Pro ERA-MA (Grpt 3) | Physique-Chimie

Socle

Standard

Approfondissement

Tout voir



Objectifs du chapitre

[cliquer pour développer](#)

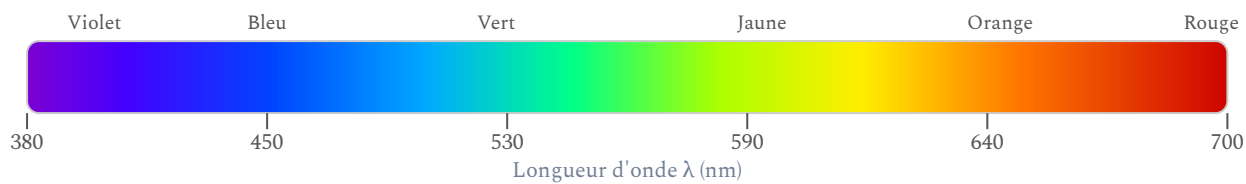
Rappel du cours

- **Lumière** : onde électromagnétique, spectre visible entre $\lambda = 380$ nm (violet) et 700 nm (rouge)
- **Relation** : $c = \lambda \cdot f$ avec $c = 3 \times 10^8$ m/s, λ en m, f en Hz
- **Flux lumineux Φ** (lumen, lm) : quantité totale de lumière émise par la source
- **Éclairement $E = \Phi / S$** (lux, lx) : flux reçu par unité de surface
- **Efficacité lumineuse** : $\eta = \Phi / P$ (lm/W) — mesure le rendement de la source
- **Température de couleur (K)** : chaude $\approx 2\,700$ K (ambre), neutre $\approx 4\,000$ K (blanc), froide $\approx 6\,500$ K (blanc bleuté)
- **IRC (Indice de Rendu des Couleurs, 0–100)** : capacité à restituer fidèlement les couleurs — IRC ≥ 80 recommandé pour atelier de travail fin

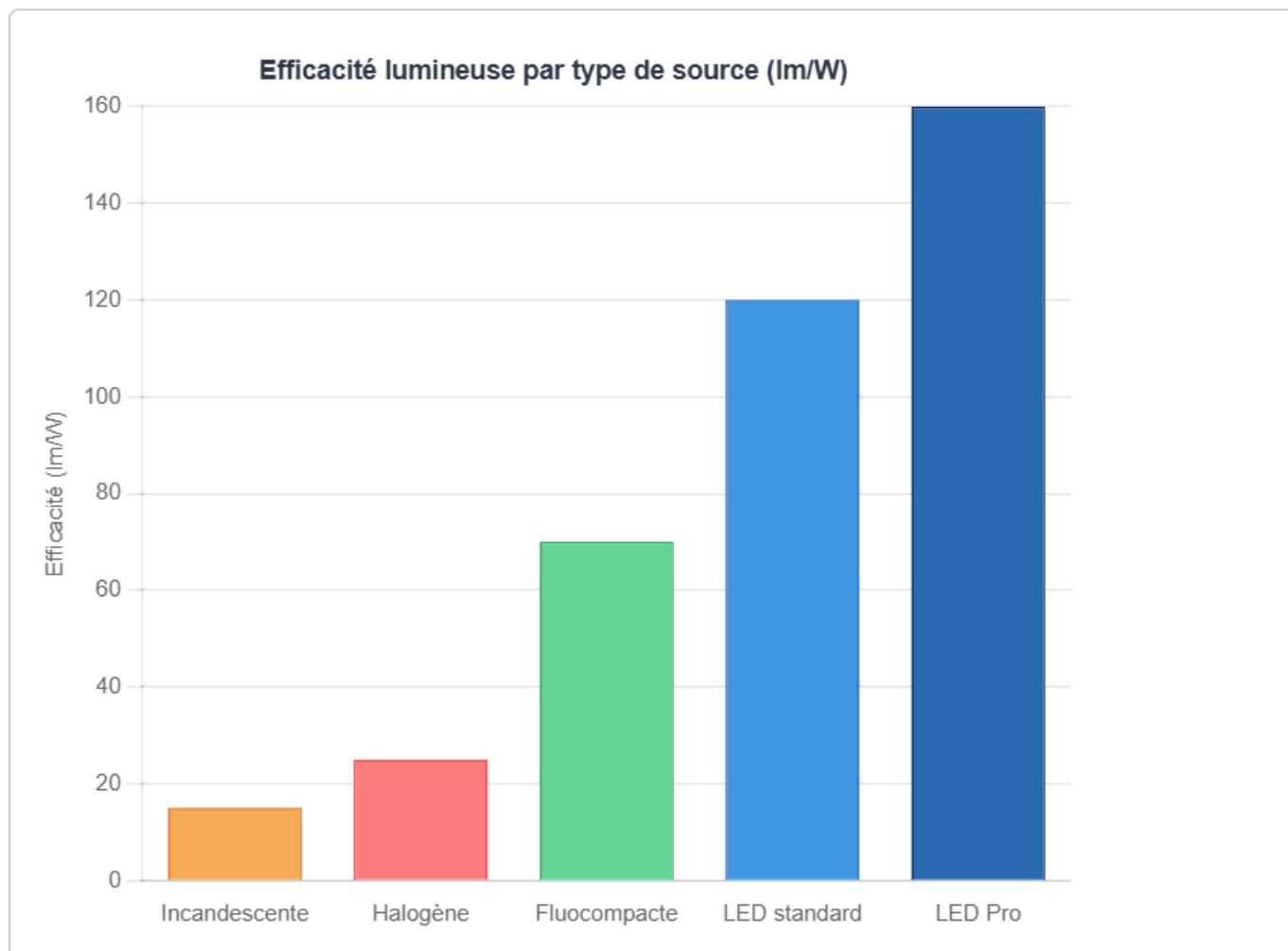
Formules clés

Grandeur	Formule	Unités
Relation célérité / λ / f	$c = \lambda \cdot f \Rightarrow f = \frac{c}{\lambda}$	m/s ; m ; Hz
Éclairement	$E = \frac{\Phi}{S}$	lx ; lm ; m ²
Efficacité lumineuse	$\eta = \frac{\Phi}{P}$	lm/W ; lm ; W
Nombre de luminaires	$N = \frac{E \cdot S}{\Phi_{\text{lum}}}$	— ; lx ; m ² ; lm
Énergie consommée	$W = P \cdot t$	Wh ou kWh ; W ; h

Spectre visible



Efficacité lumineuse des sources (lm/W)



Méthode – Dimensionner un éclairage

1. Identifier le niveau d'éclairement requis E (lx) selon la norme (ex : 300 lx atelier général, 500 lx travaux de précision).
2. Calculer le flux total nécessaire : $\Phi_{\text{total}} = E \times S$.
3. Diviser par le flux unitaire d'un luminaire : $N = \Phi_{\text{total}} / \Phi_{\text{lum}}$ (arrondir au supérieur).
4. Calculer la puissance totale : $P_{\text{total}} = N \times P_{\text{lum}}$.
5. Vérifier l'efficacité globale et le retour sur investissement si remplacement.

Attention ! Ne pas confondre *IRC* et *température de couleur* : l'IRC mesure la fidélité de rendu des couleurs (qualité), la température de couleur indique la teinte (chaude/froide). Une LED peut avoir une haute température de couleur (froide) ET un bon IRC. Les deux critères sont indépendants.

À retenir : En atelier de menuiserie, on privilégie une LED avec $IRC \geq 80$, température de couleur entre 4 000 K et 5 000 K (neutre à légèrement froide pour une bonne perception des détails et fils électriques colorés), et une efficacité ≥ 100 lm/W.

Températures de couleur des sources lumineuses

Méthode :

La température de couleur (en Kelvin) indique la teinte d'une source : basse (2 700 K) = lumière chaude ambrée, haute (6 500 K) = lumière froide bleutée. Pour un atelier de menuiserie ou d'agencement, on choisit une lumière neutre (4 000–5 000 K) qui permet de bien distinguer les couleurs des matériaux.

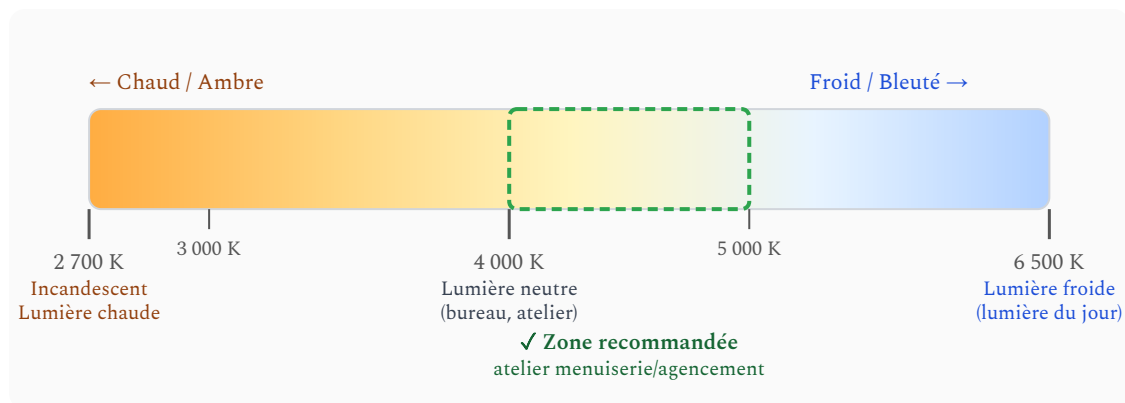


Figure 2 — Échelle des températures de couleur : de la lumière chaude (2 700 K) à la lumière froide (6 500 K)

Comparaison des IRC (Indice de Rendu des Couleurs)

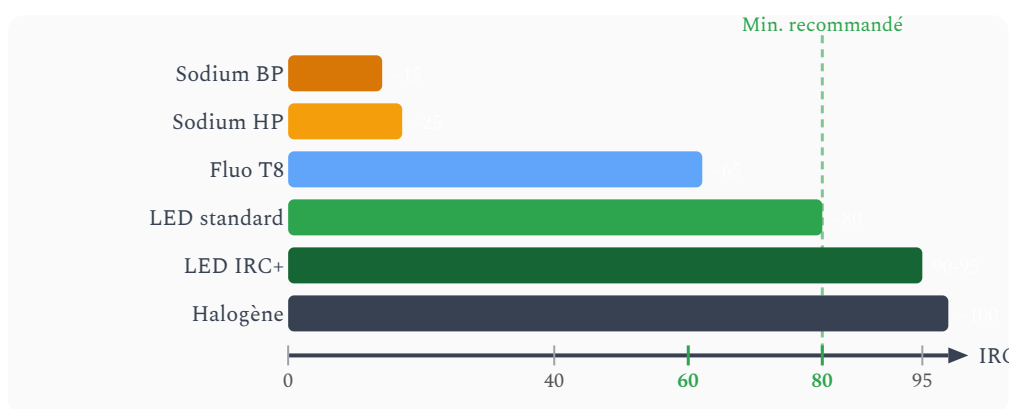


Figure 3 — Comparaison des IRC selon le type de source : un IRC ≥ 80 est recommandé pour les ateliers de travaux fins

EXERCICE 1 Le spectre visible – Compléter un tableau

SOCLE

Un menuisier agenceur installe un éclairage LED dans un showroom de cuisines. Pour choisir la bonne teinte de lumière, il doit connaître les couleurs du spectre visible.

Complète le tableau ci-dessous en t'aidant du spectre visible affiché plus haut sur cette page :

Couleur	Plage de longueur d'onde λ (nm)
Violet	380 à ____
Bleu	____ à 530
Vert	530 à ____
Jaune	____ à 640
Rouge	____ à 700

1. Complète les cases vides du tableau à l'aide du spectre visible ci-dessus.
2. Quelle est la couleur qui correspond à la plus petite longueur d'onde ?
3. Une LED émet une lumière de longueur d'onde $\lambda = 620$ nm. Dans quelle couleur du spectre se situe-t-elle ?

Mes calculs :

EXERCICE 2 Calcul guidé de l'éclairement $E = \Phi / S$ **SOCLE**

Un technicien en agencement installe 4 luminaires LED au-dessus d'un plan de travail dans un atelier de menuiserie. Chaque luminaire émet un flux lumineux de $\Phi_1 = 2\,500$ lm. La surface du plan de travail est $S = 20\text{ m}^2$.

Suis les étapes ci-dessous pour calculer l'éclairement :

Étape 1. Calcule le flux lumineux total émis par les 4 luminaires :

$$\Phi_{\text{total}} = \text{nombre de luminaires} \times \Phi_1 = 4 \times \underline{\hspace{1cm}} = \underline{\hspace{1cm}} \text{ lm}$$

Étape 2. Rappelle la formule de l'éclairement :

$$E = \underline{\hspace{1cm}} / \underline{\hspace{1cm}}$$

Étape 3. Remplace par les valeurs et calcule :

$$E = \underline{\hspace{1cm}} / \underline{\hspace{1cm}} = \underline{\hspace{1cm}} \text{ lx}$$

Étape 4. La norme recommande au moins 300 lx pour un atelier de menuiserie.

L'éclairement obtenu est-il suffisant ? (Réponds par oui ou non et justifie.)

Mes calculs :

EXERCICE 3 Comparer deux luminaires LED – Tableau guidé**SOCLE**

Un agenceur de cuisines doit choisir entre deux luminaires LED pour éclairer un atelier de finition bois. Voici leurs caractéristiques :

Caractéristique	Luminaire X	Luminaire Y
Flux lumineux Φ	2 400 lm	3 600 lm
Puissance P	20 W	36 W
Efficacité $\eta = \Phi / P$	_____ lm/W	_____ lm/W

Complète le tableau puis réponds aux questions :

1. Calcule l'efficacité du luminaire X :

$$\eta_X = \Phi / P = \text{_____} / \text{_____} = \text{_____} \text{ lm/W}$$

2. Calcule l'efficacité du luminaire Y :

$$\eta_Y = \Phi / P = \text{_____} / \text{_____} = \text{_____} \text{ lm/W}$$

3. Quel luminaire a la meilleure efficacité lumineuse ?

4. Pour un atelier de finition bois, on recommande une efficacité d'au moins 100 lm/W. Les deux luminaires respectent-ils ce critère ?

Mes calculs :

EXERCICE 4 Efficacité lumineuse – Calcul guidé

SOCLE

Un artisan menuisier achète une ampoule LED pour éclairer son établi. L'emballage indique : flux lumineux $\Phi = 1\,500\text{ lm}$, puissance $P = 12\text{ W}$.

Suis les étapes ci-dessous :

Étape 1. Rappelle la formule de l'efficacité lumineuse :

$$\eta = \text{_____} / \text{_____}$$

Étape 2. Remplace par les valeurs :

$$\eta = \text{_____} / \text{_____} = \text{_____} \text{ lm/W}$$

Étape 3. Une ampoule à incandescence classique a une efficacité de 15 lm/W . Combien de fois la LED est-elle plus efficace ?

$$\text{Rapport} = \eta_{\text{LED}} / \eta_{\text{incandescente}} = \text{_____} / \text{_____} = \text{_____}$$

Mes calculs :

EXERCICE 5 Température de couleur – Associer teinte et usage**SOCLE**

Un poseur de cuisines doit choisir l'éclairage pour trois espaces différents d'un appartement qu'il aménage. Il dispose de trois modèles de LED :

Modèle	Température de couleur	Teinte
LED 1	2 700 K	Blanc chaud (ambiance ambre)
LED 2	4 000 K	Blanc neutre
LED 3	6 500 K	Blanc froid (bleuté)

1. Quelle LED recommandes-tu pour le salon (ambiance chaleureuse) ? Justifie.
2. Quelle LED recommandes-tu pour le plan de travail de la cuisine (précision, lecture d'étiquettes) ? Justifie.
3. La LED 3 est-elle adaptée à une chambre ? Pourquoi ?

Mes calculs :

EXERCICE 6 Conversion longueur d'onde – Guidé

SOCLE

Un laser de chantier émet une lumière rouge de longueur d'onde $\lambda = 650 \text{ nm}$. On rappelle : $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m/s}$.

Suis les étapes :

Étape 1. Convertis λ en mètres :

$$\lambda = 650 \text{ nm} = 650 \times 10^{\text{----}} \text{ m} = \text{----} \text{ m}$$

Étape 2. Rappelle la formule liant c , λ et f :

$$c = \text{----} \times \text{----}$$

Étape 3. Isole la fréquence f :

$$f = \text{----} / \text{----}$$

Étape 4. Calcule f :

$$f = \text{----} / \text{----} = \text{----} \text{ Hz}$$

Mes calculs :

EXERCICE 7 Nombre de luminaires – Calcul guidé**SOCLE**

Un menuisier agenceur doit éclairer un petit atelier de finition de surface $S = 30 \text{ m}^2$. La norme recommande un éclairement $E = 500 \text{ lx}$ pour les travaux de précision. Chaque luminaire LED émet $\Phi = 3\,000 \text{ lm}$.

Suis les étapes :

Étape 1. Calcule le flux lumineux total nécessaire :

$$\Phi_{\text{total}} = E \times S = \_\_\_\_ \times \_\_\_\_ = \_\_\_\_ \text{ lm}$$

Étape 2. Calcule le nombre de luminaires nécessaires :

$$N = \Phi_{\text{total}} / \Phi_{\text{lum}} = \_\_\_\_ / \_\_\_\_ = \_\_\_\_$$

Étape 3. Arrondir N au nombre entier supérieur si nécessaire : $N = \_\_\_\_$

Étape 4. Quel éclairement réel obtient-on avec ce nombre de luminaires ?

$$E_{\text{réel}} = (N \times \Phi_{\text{lum}}) / S = \_\_\_\_ \text{ lx}$$

Mes calculs :

EXERCICE 8 Lire une étiquette de luminaire

SOCLE

Un fabricant de meubles lit l'étiquette d'un luminaire LED qu'il envisage d'installer dans son atelier :

Information	Valeur
Flux lumineux	4 200 lm
Puissance	35 W
Température de couleur	4 000 K
IRC	90
Durée de vie	30 000 h

1. Calcule l'efficacité lumineuse de ce luminaire ($\eta = \Phi / P$).
2. La température de couleur correspond-elle à une lumière chaude, neutre ou froide ?
3. L'IRC est-il suffisant pour un atelier de menuiserie où l'on doit distinguer les teintes du bois (chêne, noyer, merisier) ? Justifie.
4. Si l'atelier fonctionne 8 h par jour, 250 jours par an, combien d'années durera ce luminaire ?

Mes calculs :

Exercices de base

EXERCICE 9 Calculer la fréquence d'une radiation visible

STANDARD

La lumière verte émise par un luminaire LED a une longueur d'onde $\lambda = 550 \text{ nm}$.

On rappelle que la célérité de la lumière dans le vide est $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m/s}$.

1. Convertir $\lambda = 550 \text{ nm}$ en mètres.
2. Rappeler la relation entre c , λ et f .
3. Calculer la fréquence f de cette radiation. Exprimer le résultat en Hz et en THz.
4. Cette radiation appartient-elle bien au spectre visible (380–700 nm) ? Quelle couleur lui correspond ?

Mes calculs :

EXERCICE 10 Calcul d'éclairement

STANDARD

Un atelier de maintenance a une surface au sol de $S = 40 \text{ m}^2$. Le système d'éclairage fournit un flux lumineux total de $\Phi = 16\,000 \text{ lm}$.

1. Rappeler la formule de l'éclairement E en fonction de Φ et S .
2. Calculer l'éclairement E en lux.
3. La norme EN 12464-1 préconise un éclairement minimal de 300 lx pour un atelier de maintenance générale. Cet éclairage est-il suffisant ?
4. Pour atteindre exactement 300 lx , quel flux total serait nécessaire ? Quelle serait la différence avec le flux actuel ?

Mes calculs :

EXERCICE 11 Température de couleur adaptée à un atelier de maintenance

STANDARD

Un chef d'atelier hésite entre trois types de LED pour équiper son atelier de menuiserie :

Référence	Température de couleur	IRC	Efficacité
LED-A	2 700 K (blanc chaud)	95	90 lm/W
LED-B	4 000 K (blanc neutre)	82	120 lm/W
LED-C	6 500 K (blanc froid)	75	140 lm/W

1. Qu'est-ce que la température de couleur ? À quoi correspond une valeur élevée (6 500 K) ?
2. Qu'est-ce que l'IRC ? Quelle valeur minimale est recommandée pour un atelier où l'on manipule des fils électriques colorés (rouge, bleu, vert, jaune-vert) ?
3. Laquelle de ces LED est la moins adaptée à un atelier de travail du bois ? Justifier.
4. Quel luminaire recommandez-vous et pourquoi ? (justifier à l'aide de l'IRC, de la température de couleur et de l'efficacité)

Mes calculs :

Exercices guidés

EXERCICE 12 Comparer deux luminaires : efficacité et choix

STANDARD

Un technicien compare deux luminaires LED pour équiper un poste de travail :

Luminaire	Flux lumineux	Puissance	Prix	Durée de vie
Luminaire A	3 000 lm	30 W	25 €	25 000 h
Luminaire B	3 000 lm	25 W	38 €	40 000 h

1. Calculer l'efficacité lumineuse η (en lm/W) de chaque luminaire.
2. Pour 1 000 h de fonctionnement par an à 0,15 €/kWh, calculer le coût annuel d'électricité pour chacun.
3. Calculer le coût total sur 10 ans (achat + électricité) en tenant compte du remplacement éventuel (si durée de vie < 10 000 h, prévoir un remplacement).
4. Quel luminaire recommandez-vous pour un usage intensif en atelier de menuiserie (2 000 h/an) ? Justifier économiquement et techniquement.

Mes calculs :

EXERCICE 13 Nombre de LED pour atteindre $E = 500 \text{ lx}$ dans un hall

STANDARD

On souhaite éclairer un hall de réception de machines d'une surface $S = 100 \text{ m}^2$ avec un éclairement de $E = 500 \text{ lx}$. On choisit des luminaires LED industriels émettant chacun $\Phi = 5\,000 \text{ lm}$.

1. Calculer le flux lumineux total Φ_{total} nécessaire pour obtenir $E = 500 \text{ lx}$ sur 100 m^2 .
2. Calculer le nombre N de luminaires nécessaires. Arrondir au nombre entier supérieur.
3. Avec N luminaires, quel éclairement réel obtient-on ?
4. En pratique, on applique un facteur de maintenance $k_m = 0,80$ (pertes liées au vieillissement des sources et à l'encrassement). Combien de luminaires faut-il prévoir pour garantir $E = 500 \text{ lx}$ en fin de vie ?

Mes calculs :

Exercices d'application

EXERCICE 14 Dimensionner l'éclairage complet d'un atelier de menuiserie

STANDARD

Un atelier de menuiserie de 200 m^2 doit être équipé d'un éclairage conforme à la norme EN 12464-1. Le niveau d'éclairement requis est $E = 300 \text{ lx}$. On choisit des luminaires LED de type industriel : flux $\Phi = 8\,000 \text{ lm}$, puissance $P = 65 \text{ W}$, IRC = 85, température de couleur $4\,000 \text{ K}$.

1. Calculer le flux lumineux total nécessaire pour atteindre $E = 300 \text{ lx}$.
2. Calculer le nombre de luminaires nécessaires (sans facteur de maintenance).
3. Calculer la puissance électrique totale installée.
4. Calculer le coût annuel d'électricité si l'atelier fonctionne $1\,500 \text{ h/an}$ et que le kWh coûte $0,18 \text{ €}$.
5. Vérifier que le luminaire choisi est adapté à un atelier de travail du bois (IRC, température de couleur, efficacité).

Mes calculs :

EXERCICE 15 Longueur d'onde et couleur d'un laser de traçage

STANDARD

Un niveau laser de chantier émet une lumière verte de fréquence $f = 5,66 \times 10^{14}$ Hz.
On rappelle : $c = 3,00 \times 10^8$ m/s.

1. Rappeler la relation entre c , λ et f , puis isoler λ .
2. Calculer la longueur d'onde λ en mètres, puis la convertir en nanomètres.
3. Vérifier que cette longueur d'onde appartient bien au spectre visible et identifier la couleur correspondante.
4. Pourquoi utilise-t-on un laser vert plutôt que rouge pour un niveau laser de chantier en plein jour ?

Mes calculs :

EXERCICE 16 Éclairage d'un poste de vernissage

STANDARD

Un artisan menuisier dispose d'un poste de vernissage de surface $S = 8 \text{ m}^2$, éclairé par deux luminaires LED émettant chacun $\Phi = 2\,800 \text{ lm}$.

1. Calculer le flux lumineux total Φ_{total} .
2. Calculer l'éclairage E sur le poste de vernissage.
3. La norme recommande $E = 750 \text{ lx}$ pour les travaux de vernissage (finition fine).
L'éclairage est-il suffisant ?
4. Combien de luminaires identiques faudrait-il pour atteindre exactement 750 lx ?

Mes calculs :

EXERCICE 17 Consommation électrique annuelle d'un éclairage

STANDARD

Un atelier d'agencement de cuisines est équipé de 12 luminaires LED de puissance $P = 45 \text{ W}$ chacun. L'atelier fonctionne 230 jours par an, 9 heures par jour. Le prix du kWh est 0,22 €.

1. Calculer la puissance totale installée en watts, puis en kilowatts.
2. Calculer le nombre total d'heures de fonctionnement par an.
3. Calculer l'énergie consommée en un an (en kWh).
4. Calculer le coût annuel d'éclairage.
5. Si l'on remplace ces 12 luminaires par des modèles plus récents de 30 W (même flux lumineux), quelle serait l'économie annuelle ?

Mes calculs :

EXERCICE 18 Choisir un luminaire pour un showroom**STANDARD**

Un installateur d'agencement doit éclairer un showroom de cuisines haut de gamme ($S = 60 \text{ m}^2$). Le rendu des couleurs des façades de meubles (bois, laqué, mat) doit être excellent. Il hésite entre trois luminaires :

Modèle	Φ (lm)	P (W)	IRC	T_c (K)	Prix (€)
Spot A	1 200	12	97	3 000	32
Dalle B	4 000	36	82	4 000	45
Réglette C	3 000	22	90	3 500	28

L'éclairement souhaité est $E = 400 \text{ lx}$.

1. Calculer l'efficacité lumineuse de chaque modèle.
2. Calculer le flux total nécessaire et le nombre de luminaires pour chaque modèle.
3. Calculer le coût d'achat total pour chaque solution.
4. Quel modèle recommandez-vous pour un showroom haut de gamme ? Justifier en prenant en compte l'IRC, la température de couleur et le coût.

Mes calculs :

EXERCICE 19 Spectre d'émission et type de source

STANDARD

Un technicien d'agencement observe le spectre d'émission de trois sources lumineuses :

- **Source 1** : spectre continu couvrant tout le visible, avec un maximum dans le jaune-orange.
- **Source 2** : spectre de raies (pics étroits) dans le bleu, le vert et le rouge.
- **Source 3** : spectre continu avec un pic principal dans le bleu et une large bande dans le jaune-vert (phosphore).

1. Identifier le type de source pour chacune (lampe à incandescence, tube fluorescent, LED blanche).
2. Expliquer pourquoi la source 1 a un bon IRC (proche de 100).
3. Pourquoi la source 2 peut-elle donner un mauvais rendu des couleurs ?
4. Expliquer comment une LED produit de la lumière blanche alors que la puce émet dans le bleu.

Mes calculs :

EXERCICE 20 Éclairage d'un couloir de stockage bois

STANDARD

Un couloir de stockage de panneaux bois mesure 25 m de long sur 4 m de large. La norme impose un éclairage de $E = 150 \text{ lx}$ pour les zones de circulation et de stockage. On dispose de réglettes LED de 1,50 m émettant chacune $\Phi = 2\,200 \text{ lm}$ et de puissance $P = 18 \text{ W}$.

1. Calculer la surface S du couloir.
2. Calculer le flux total nécessaire.
3. Calculer le nombre de réglettes nécessaires.
4. Calculer la puissance totale installée et l'efficacité globale de l'installation (en lm/W).
5. Si le couloir est éclairé 12 h/jour, 300 jours/an, calculer le coût annuel d'éclairage à 0,20 €/kWh.

Mes calculs :

Exercices d'approfondissement

EXERCICE 21 Économie annuelle : remplacement incandescentes par LED

APPROFONDISSEMENT

Un atelier ancien est équipé de 20 lampes à incandescence de 100 W, émettant chacune 1 380 lm (efficacité $\approx 13,8$ lm/W). On envisage de les remplacer par des LED de 12 W émettant 1 400 lm chacune.

Données : durée de fonctionnement = 1 000 h/an, tarif électricité = 0,15 €/kWh.

1. Calculer l'efficacité lumineuse des LED de remplacement. Comparer à celle des incandescentes.
2. Calculer la consommation annuelle totale (kWh) avec les incandescentes, puis avec les LED.
3. Calculer l'économie annuelle en énergie (kWh) et en euros.
4. Si les LED coûtent 8 € pièce (soit 160 € pour 20 LED), calculer le temps de retour sur investissement (en années).
5. Calculer la réduction d'émission de CO₂ sachant que 1 kWh électrique émet en moyenne 50 g CO₂ en France.

Mes calculs :

EXERCICE 22 Éclairage d'un atelier de câblage électrique

APPROFONDISSEMENT

Un atelier de câblage électrique (tableaux électriques, armoires de commande) requiert un éclairage adapté. Les techniciens doivent :

- Identifier les fils par leur couleur (rouge, bleu, vert-jaune, noir, gris) selon la norme NF C 15-100.
- Lire des repérages fins sur des bornes de raccordement.
- Travailler de longues heures sans fatigue visuelle.

1. Justifier pourquoi un IRC ≥ 80 est indispensable dans cet atelier. Quel risque y a-t-il à utiliser une source avec IRC = 65 ?

2. Quelle température de couleur recommandez-vous : 2 700 K, 4 000 K ou 6 500 K ? Justifier en termes de perception visuelle et de confort.

3. Qu'est-ce que l'éblouissement (glare) ? Quelle valeur UGR (Unified Glare Rating) est recommandée pour les travaux de précision visuelle ? Comment le limiter ?

4. Proposer un luminaire complet avec ses caractéristiques (flux, puissance, IRC, Tc, UGR) adapté à ce poste de câblage.

Mes calculs :

EXERCICE 23 Éclairage de sécurité secours (BAES) – Autonomie batterie

APPROFONDISSEMENT

La réglementation française (arrêté du 14 décembre 2011, Code du travail Art. R.4227-14) impose que tout établissement recevant du public ou lieu de travail soit équipé d'un éclairage de sécurité autonome (BAES : Blocs Autonomes d'Éclairage de Sécurité) garantissant au moins **3 heures d'autonomie** en cas de coupure secteur.

Un BAES LED est caractérisé par :

- Tension de batterie : $U_{\text{bat}} = 3,6 \text{ V}$ (batterie NiMH)
- Capacité de la batterie : $C = 1\,800 \text{ mAh}$
- Puissance de la LED en mode secours : $P_{\text{LED}} = 1,8 \text{ W}$
- Rendement du convertisseur interne : $\eta = 85 \%$

1. Calculer le courant consommé par la LED (côté sortie du convertisseur, à $U_{\text{LED}} = 3,2 \text{ V}$).
2. Calculer la puissance réellement prélevée sur la batterie en tenant compte du rendement $\eta = 85 \%$.
3. Calculer le courant prélevé sur la batterie (à $U_{\text{bat}} = 3,6 \text{ V}$).
4. Calculer l'autonomie théorique de la batterie en heures. La réglementation des 3 h est-elle respectée ?
5. En pratique, une batterie NiMH ne doit pas être déchargée à plus de 80 % de sa capacité nominale pour ne pas se détériorer. Recalculer l'autonomie réelle et conclure.

Mes calculs :

EXERCICE 24 Conception de l'éclairage d'un atelier de montage de mobilier

APPROFONDISSEMENT

Un atelier de montage de mobilier a les caractéristiques suivantes : surface $S = 400 \text{ m}^2$, hauteur sous plafond $H = 5 \text{ m}$, plan de travail à $h_{\text{travail}} = 0,85 \text{ m}$. L'éclairage requis selon la norme NF EN 12464-1 pour ce type d'activité est $E_{\text{moyen}} = 500 \text{ lux}$ avec un indice de rendu des couleurs $IRC \geq 80$. On choisit des luminaires LED avec les caractéristiques : flux lumineux $\Phi_{\text{lum}} = 8\,000 \text{ lm/luminaire}$, efficacité lumineuse $\eta = 120 \text{ lm/W}$, facteur de maintenance $f_m = 0,80$, facteur d'utilisation $f_u = 0,70$.

1. Calculer le flux lumineux total nécessaire Φ_{total} en appliquant la méthode des flux :
 $E = \Phi_{\text{total}} \times f_u \times f_m / S$.
2. En déduire le nombre de luminaires N nécessaires.
3. Calculer la puissance unitaire de chaque luminaire (W), puis la puissance totale installée.
4. Calculer la densité de puissance d'éclairage DPEA (W/m^2). La valeur réglementaire DEEE est 6 W/m^2 pour ce type de local. Est-elle respectée ?
5. Calculer la consommation annuelle en kWh si l'atelier fonctionne 220 jours/an à raison de 8 h/j. Calculer le coût annuel d'éclairage à $0,20 \text{ €/kWh}$.

Mes calculs :

EXERCICE 25

Analyse du coût global d'une installation d'éclairage LED vs fluorescent

APPROFONDISSEMENT

Un installateur d'agencement compare deux solutions d'éclairage pour un couloir de stockage ($S = 50 \text{ m}^2$, 10 luminaires) :

Critère	Tubes fluorescents T8	Tubes LED
Flux lumineux (lm)	3 200	3 200
Puissance (W)	36	18
Durée de vie (h)	10 000	50 000
Prix unitaire (€ TTC)	5	15
Coût de remplacement (main d'œuvre/tube, €)	10	10

L'installation fonctionne 3 000 h/an. Coût du kWh : 0,20 €.

1. Calculer la consommation annuelle (kWh) et le coût annuel d'énergie pour chaque solution.
2. Calculer le nombre de remplacements nécessaires sur 15 ans pour chaque solution, et le coût total de maintenance.
3. Calculer le coût d'achat initial des 10 luminaires pour chaque solution.
4. Calculer le coût global sur 15 ans (achat + énergie + maintenance) pour chaque solution.
5. Calculer le temps de retour sur investissement (TRI) de la solution LED par rapport au fluorescent.

Mes calculs :

EXERCICE 26

Étude énergétique complète – Remplacement fluorescent par LED en atelier

APPROFONDISSEMENT

Un atelier de fabrication de mobilier sur mesure ($S = 250 \text{ m}^2$) est actuellement équipé de 30 tubes fluorescents T5 de 28 W chacun, émettant 2 600 lm par tube. Le chef d'atelier envisage de les remplacer par 20 dalles LED de 40 W émettant chacune 4 800 lm.

Données : fonctionnement 1 800 h/an, tarif électricité 0,21 €/kWh, coût des dalles LED = 55 €/dalle, durée de vie LED = 50 000 h, durée de vie restante des T5 = 3 000 h.

1. Calculer l'éclairement actuel avec les tubes fluorescents et celui qui serait obtenu avec les dalles LED. Comparer.
2. Calculer l'efficacité lumineuse de chaque type de source.
3. Calculer la consommation annuelle (kWh) et le coût annuel d'énergie pour chaque solution.
4. Calculer l'investissement initial pour les dalles LED et le temps de retour sur investissement.
5. Calculer l'économie totale sur 10 ans et la réduction de CO₂ (50 g CO₂/kWh).

Mes calculs :

EXERCICE 27 Dimensionnement avec facteur d'utilisation et de maintenance

APPROFONDISSEMENT

Un bureau d'études doit concevoir l'éclairage d'un atelier de montage de portes intérieures. Caractéristiques du local : longueur $L = 20$ m, largeur $l = 12$ m, hauteur sous plafond $H = 4$ m, plan utile à $h = 0,85$ m. Éclairement requis : $E = 500$ lx (norme EN 12464-1 pour montage de précision).

On choisit des luminaires LED encastrés : $\Phi = 6\,500$ lm, $P = 50$ W, IRC = 85, $T_c = 4\,000$ K.

Données complémentaires : indice du local $K = \frac{L \times l}{(L + l) \times (H - h)}$, facteur d'utilisation $f_u = 0,65$ (lu dans la table constructeur pour K calculé), facteur de maintenance $f_m = 0,75$ (local poussiéreux).

1. Calculer la surface S et l'indice du local K .
2. Calculer le flux total nécessaire en utilisant la méthode des flux : $\Phi_{\text{total}} = \frac{E \times S}{f_u \times f_m}$.
3. En déduire le nombre de luminaires N .
4. Proposer une disposition régulière des luminaires (nombre de rangées et colonnes) adaptée à la géométrie du local.
5. Calculer la DPEA (densité de puissance d'éclairage en W/m^2). Comparer au seuil réglementaire de 8 W/m^2 pour les ateliers industriels.

Mes calculs :

EXERCICE 28 Laser de chantier – Propriétés et sécurité

APPROFONDISSEMENT

Un menuisier agenceur utilise un niveau laser de classe 2 sur un chantier d'aménagement intérieur. Le laser émet une lumière rouge de longueur d'onde $\lambda = 635$ nm et de puissance $P = 0,95$ mW.

1. Calculer la fréquence de cette radiation laser. Vérifier qu'elle appartient au domaine visible.
2. Citer trois propriétés qui distinguent un faisceau laser de la lumière d'une lampe ordinaire.
3. Le laser de classe 2 a une puissance maximale de 1 mW. Pourquoi cette classe est-elle considérée comme sûre pour un usage de chantier ? Quelle est la protection naturelle de l'œil ?
4. Calculer l'énergie d'un photon de ce laser : $E_{\text{photon}} = h \cdot f$ avec $h = 6,63 \times 10^{-34}$ J.s. Exprimer le résultat en joules et en eV ($1 \text{ eV} = 1,6 \times 10^{-19} \text{ J}$).
5. Citer deux applications du laser en menuiserie ou en agencement.

Mes calculs :

EXERCICE 29 Bilan carbone et choix responsable d'éclairage**APPROFONDISSEMENT**

Un ébéniste engagé dans une démarche RSE (Responsabilité Sociétale des Entreprises) souhaite réduire l'empreinte carbone de son atelier. L'éclairage actuel (halogènes) représente 40 % de sa consommation électrique totale de 8 000 kWh/an.

Il envisage trois scénarios de remplacement :

Scénario	Description	Réduction conso éclairage	Investissement
A	LED standard (120 lm/W)	-60 %	800 €
B	LED haut rendement (160 lm/W) + détecteurs de présence	-75 %	1 500 €
C	LED + puits de lumière (éclairage naturel partiel)	-85 %	4 200 €

Données : tarif kWh = 0,22 €, facteur d'émission = 50 g CO₂/kWh.

1. Calculer la consommation actuelle de l'éclairage (kWh/an) et son coût annuel.
2. Pour chaque scénario, calculer la nouvelle consommation d'éclairage, l'économie annuelle (en € et en kWh) et le temps de retour sur investissement.
3. Calculer la réduction d'émission de CO₂ annuelle pour chaque scénario (en kg).
4. Quel scénario recommandez-vous ? Argumenter en termes de rentabilité, d'impact environnemental et de contraintes pratiques.

Mes calculs :

EXERCICE 30 Problème ouvert – Concevoir l'éclairage d'un atelier d'agencement neuf

APPROFONDISSEMENT

Vous êtes technicien d'agencement dans un bureau d'études. Vous devez rédiger une note technique pour l'éclairage d'un nouvel atelier de fabrication de meubles sur mesure. Voici le cahier des charges :

- Surface totale : 300 m^2 , divisée en 3 zones :
 - Zone A – Débit et usinage (150 m^2) : $E = 300 \text{ lx}$, $\text{IRC} \geq 80$
 - Zone B – Montage et finition (100 m^2) : $E = 500 \text{ lx}$, $\text{IRC} \geq 90$
 - Zone C – Stockage et circulation (50 m^2) : $E = 150 \text{ lx}$, $\text{IRC} \geq 60$
- Facteur de maintenance : $f_m = 0,80$ (atelier bois, poussière modérée)
- Budget éclairage : 3 500 € maximum
- Fonctionnement : 220 jours/an, 8 h/jour
- Tarif électricité : 0,20 €/kWh

Luminaires disponibles chez le fournisseur :

Réf.	Type	Φ (lm)	P (W)	IRC	T_c	Prix (€)
L1	Dalle LED	5 000	40	82	4 000 K	42
L2	Dalle LED HR	5 200	38	92	4 000 K	65
L3	Réglette LED	2 500	20	80	5 000 K	22
L4	Réglette étanche	3 200	28	75	4 000 K	35

1. Pour chaque zone, calculer le flux total nécessaire (avec facteur de maintenance) et choisir le luminaire le plus adapté (justifier par l'IRC et le type).
2. Calculer le nombre de luminaires par zone, la puissance totale et le coût d'achat total. Le budget est-il respecté ?
3. Calculer le coût annuel d'éclairage de l'ensemble de l'atelier.
4. Rédiger une conclusion technique argumentée (3 à 5 lignes) justifiant vos choix.

Mes calculs :

Bilan – Ce qu'il faut maîtriser en éclairage d'atelier

- Utiliser $c = \lambda \cdot f$ pour calculer f ou λ d'une radiation visible.
- Calculer l'éclairement $E = \Phi / S$ et le flux total nécessaire pour un local.
- Calculer l'efficacité $\eta = \Phi / P$ et comparer des sources lumineuses.
- Dimensionner une installation : $N = E \times S / \Phi_{\text{lum}}$, avec facteur de maintenance.
- Choisir une source adaptée : $\text{IRC} \geq 80$, $T_c \approx 4\,000\text{ K}$ et $\text{UGR} \leq 19$ pour un atelier de menuiserie.
- Calculer l'économie d'énergie et le retour sur investissement LED.
- Interpréter les caractéristiques d'un BAES et vérifier la conformité réglementaire.

Choisir une source lumineuse

ERA-MA — Groupement 3 — Terminale Bac Pro

Socle

Standard

Approfondissement

Tout voir



Objectifs du chapitre

[cliquer pour développer](#)**Durée :** 1 heure **Barème :** /20 points **Documents :** Calculatrice autorisée — aucun document**Nom :** _____

APP - S'Approprier

ANA - Analyser/Raisonner

REA - Réaliser

VAL - Valider

COM - Communiquer

SOCLE

Exercice	Questions	Compétences	Points
Exercice 1 — Éclairement d'un showroom	Q1 à Q5	APP, APP, REA, REA, VAL	10 pts
Exercice 2 — Comparer deux lampes	Q1 à Q5	APP, REA, REA, VAL, COM	10 pts
Total			20 pts

EXERCICE 1 Éclairage d'un showroom d'agencement

10 points

Contexte : Un menuisier agenceur installe l'éclairage d'un showroom de cuisines. La pièce a une surface de $S = 40 \text{ m}^2$. Chaque luminaire LED produit un flux lumineux de $\Phi = 5\,000 \text{ lm}$.

Rappel : La formule de l'éclairement est : $E = \frac{\Phi}{S}$
avec E en lux (lx), Φ en lumens (lm), S en mètres carrés (m^2).

1. **APP** Compléter les phrases suivantes :

- a) Le flux lumineux Φ s'exprime en _____.
- b) L'éclairement E s'exprime en _____.
- c) La surface S s'exprime en _____. 1,5 pt

...

2. **APP** Dans l'énoncé, relever les valeurs suivantes :

- a) Surface du showroom : $S =$ _____ m^2
- b) Flux lumineux d'un luminaire : $\Phi =$ _____ lm 1 pt

...

3. **REA** Un seul luminaire éclaire le showroom de 40 m^2 . Calculer l'éclairement E en complétant :

$$E = \frac{\Phi}{S} = \frac{\dots\dots\dots}{\dots\dots\dots} = \text{_____ lux 2 pts}$$

...

4. **REA** La norme impose un éclairement de $E = 500 \text{ lux}$ pour un showroom. Calculer le flux lumineux total nécessaire en complétant :

$$\Phi_{total} = E \times S = \dots\dots\dots \times \dots\dots\dots = \text{_____ lm}$$

Puis calculer le nombre de luminaires :

$$N = \frac{\Phi_{total}}{\Phi_{1 \text{ luminaire}}} = \frac{\dots\dots\dots}{\dots\dots\dots} = \text{_____ 3,5 pts}$$

...

5. **VAL** Vérification : avec 4 luminaires, le flux total est $4 \times 5\,000 = \underline{\hspace{2cm}}$ lm.

L'éclairement obtenu est $E = \frac{\dots\dots\dots}{40} = \underline{\hspace{2cm}}$ lux. Est-ce conforme ? (oui / non) 2 pts

...

EXERCICE 2 Comparer deux lampes

10 points

Contexte : Un installateur d'agencement hésite entre deux lampes pour éclairer un plan de travail :

- Lampe A (halogène) : puissance $P_A = 75 \text{ W}$, flux $\Phi_A = 900 \text{ lm}$.
- Lampe B (LED) : puissance $P_B = 10 \text{ W}$, flux $\Phi_B = 900 \text{ lm}$.

Rappel : L'efficacité lumineuse est : $\eta = \frac{\Phi}{P}$
avec η en lumens par watt (lm/W), Φ en lm, P en W.

1. **APP** Compléter : l'efficacité lumineuse mesure la quantité de _____ produite pour chaque _____ consommé. Plus η est grand, plus la lampe est _____. 1,5 pt

...

2. **REA** Calculer l'efficacité lumineuse de la lampe A (halogène) en complétant :

$$\eta_A = \frac{\Phi_A}{P_A} = \frac{\dots\dots\dots}{\dots\dots\dots} = \dots\dots\dots \text{ lm/W } 2 \text{ pts}$$

...

3. **REA** Calculer l'efficacité lumineuse de la lampe B (LED) en complétant :

$$\eta_B = \frac{\Phi_B}{P_B} = \frac{\dots\dots\dots}{\dots\dots\dots} = \dots\dots\dots \text{ lm/W } 2 \text{ pts}$$

...

4. **VAL** Entourer la bonne réponse : La lampe la plus efficace est la lampe A / B.

Elle est _____ fois plus efficace que l'autre (calculer η_B/η_A). 2 pts

...

5. **COM** Les deux lampes produisent le même flux lumineux (900 lm). Rédiger une phrase pour expliquer pourquoi la LED est un meilleur choix pour éclairer un plan de travail. 2,5 pts

...

Total : /20 points

STANDARD

Exercice	Questions	Compétences	Points
Exercice 1 — Éclairage LED d'un atelier	Q1 à Q5	APP, REA, ANA, REA, VAL	10 pts
Exercice 2 — Efficacité lumineuse et économies	Q1 à Q4	APP, REA, VAL, COM	10 pts
Total			20 pts

EXERCICE 1 Éclairage LED d'un atelier de montage

10 points

Contexte : Un atelier de montage de pièces mécaniques doit être équipé d'un éclairage conforme à la norme NF EN 12464-1. La surface totale de l'atelier est de $S_{\text{atelier}} = 80 \text{ m}^2$ et la norme impose un éclairement minimal de $E_{\text{min}} = 500 \text{ lux}$ pour un atelier de montage de précision. Chaque luminaire LED émet un flux lumineux de $\Phi = 4\,000 \text{ lm}$.

1. **APP** Rappeler la relation entre l'éclairement E (en lux), le flux lumineux Φ (en lm) et la surface éclairée S (en m^2) : $E = \frac{\Phi}{S}$. Définir chaque grandeur et préciser son unité. 2 pts

...

2. **REA** Un seul luminaire émet $\Phi = 4\,000 \text{ lm}$ sur une surface de $S = 20 \text{ m}^2$. Calculer l'éclairement E produit par ce luminaire sur cette surface. 2 pts

...

3. **ANA** La norme EN 12464-1 impose $E_{\text{min}} = 500 \text{ lux}$ pour un atelier de montage de précision. En comparant la valeur obtenue à la question 2 à cette exigence, conclure si un seul luminaire suffit pour éclairer convenablement 20 m^2 . 2 pts

...

4. **REA** Pour atteindre un éclairement de $E = 500 \text{ lux}$ sur la totalité de l'atelier ($S_{\text{atelier}} = 80 \text{ m}^2$), calculer le flux lumineux total nécessaire, puis en déduire le nombre de luminaires nécessaires (chaque luminaire : $\Phi = 4\,000 \text{ lm}$). Arrondir au nombre entier supérieur. 3 pts

...

5. **VAL** Vérifier la cohérence du résultat : avec le nombre de luminaires trouvé à la question 4, calculer l'éclairement effectif obtenu dans l'atelier. Conclure si la valeur réglementaire de

500 lux est bien atteinte. 1 pt

...

EXERCICE 2 Efficacité lumineuse et économies d'énergie

10 points

Contexte : Le responsable maintenance envisage de remplacer 50 lampes halogènes de 100 W (flux : 1 200 lm) par des luminaires LED de 60 W (flux : 8 000 lm). Les luminaires fonctionnent 2 000 heures par an, et le prix du kWh est de 0,15 €.

1. **APP** Rappeler la définition de l'efficacité lumineuse η (en lm/W) : $\eta = \frac{\Phi}{P}$. Expliquer ce que représente cette grandeur pour comparer deux sources lumineuses. 2 pts

...

2. **REA** Calculer l'efficacité lumineuse pour :
- a) La lampe LED : $\Phi_{LED} = 8\,000\text{ lm}$, $P_{LED} = 60\text{ W}$.
- b) La lampe halogène : $\Phi_{halo} = 1\,200\text{ lm}$, $P_{halo} = 100\text{ W}$.

Donner les résultats en lm/W. 3 pts

...

3. **VAL** Comparer les deux valeurs d'efficacité lumineuse calculées. Quelle technologie est la plus efficace ? En quelle proportion la LED est-elle meilleure que l'halogène (calculer le rapport η_{LED}/η_{halo}) ? 2 pts

...

4. **COM** Calculer l'économie annuelle réalisée en remplaçant les 50 lampes halogènes (100 W) par 50 lampes LED (60 W), utilisées 2 000 h/an à 0,15 €/kWh :
- a) Calculer la puissance totale économisée (en kW) sur les 50 luminaires.
- b) Calculer l'énergie économisée par an (en kWh) : $E_{eco} = \Delta P \times t$.
- c) Calculer l'économie financière annuelle (en euros). 3 pts

...

Total : /20 points

APPROFONDISSEMENT

Exercice	Questions	Compétences	Points
Exercice 1 — Conception d'éclairage multi-zones	Q1 à Q5	APP, ANA, REA, REA, COM	10 pts
Exercice 2 — Analyse photométrique et retour sur investissement	Q1 à Q5	APP, REA, ANA, REA, VAL	10 pts
Total			20 pts

EXERCICE 1 Conception d'éclairage multi-zones pour un atelier d'agencement

10 points

Contexte : Un menuisier agenceur aménage un nouvel atelier composé de trois zones aux exigences d'éclairage différentes (norme NF EN 12464-1) :

- **Zone A** (usinage de précision) : surface $S_A = 60 \text{ m}^2$, éclairage requis $E_A = 750 \text{ lux}$.
- **Zone B** (montage et assemblage) : surface $S_B = 45 \text{ m}^2$, éclairage requis $E_B = 500 \text{ lux}$.
- **Zone C** (stockage et manutention) : surface $S_C = 30 \text{ m}^2$, éclairage requis $E_C = 200 \text{ lux}$.

Deux types de luminaires LED sont disponibles :

- **Type 1** : $\Phi_1 = 6\,000 \text{ lm}$, puissance $P_1 = 45 \text{ W}$, prix unitaire 85 €.
- **Type 2** : $\Phi_2 = 3\,500 \text{ lm}$, puissance $P_2 = 25 \text{ W}$, prix unitaire 55 €.

1. **APP** Pour chaque zone, calculer le flux lumineux total nécessaire $\Phi_{total} = E \times S$.

Présenter les résultats dans un tableau récapitulatif. 2 pts

...

2. **ANA** Le maître d'ouvrage souhaite minimiser le coût total d'achat des luminaires tout en respectant les niveaux d'éclairage. Proposer une répartition optimale des luminaires de type 1 et de type 2 pour chaque zone. Justifier vos choix en expliquant votre stratégie. 3 pts

...

3. **REA** Calculer la puissance électrique totale installée (en W puis en kW) pour l'ensemble des trois zones avec la répartition choisie. 1,5 pt

...

4. **REA** L'atelier fonctionne 1 800 heures par an. Le prix du kWh est de 0,176 €. Calculer le coût annuel de fonctionnement de l'installation (en euros). 1,5 pt

...

5. **COM** Rédiger un paragraphe de synthèse destiné au chef d'atelier, résumant la solution d'éclairage retenue (nombre de luminaires par zone, conformité normative, coût d'achat et coût de fonctionnement annuel). 2 pts

...

EXERCICE 2 Analyse photométrique et retour sur investissement

10 points

Contexte : Un fabricant de mobilier rénove l'éclairage de son atelier de finition (vernissage et laquage). L'installation actuelle utilise 20 tubes fluorescents T8 (36 W chacun, flux 2 700 lm, durée de vie 10 000 h). Il envisage de les remplacer par des dalles LED (40 W chacune, flux 4 200 lm, durée de vie 50 000 h). La surface de l'atelier est $S = 120 \text{ m}^2$.

Données complémentaires : les luminaires fonctionnent 2 500 h/an. Le prix du kWh est de 0,176 €. Le coût d'un tube T8 de remplacement est de 4 €. Le coût d'une dalle LED est de 65 €.

1. **APP** Calculer l'efficacité lumineuse de chaque technologie. Comparer et indiquer le facteur d'amélioration. 2 pts

...

2. **REA** L'éclairement requis pour un atelier de finition est de $E = 500 \text{ lux}$. Déterminer le nombre de dalles LED nécessaires pour couvrir les 120 m^2 de l'atelier. Comparer ce nombre avec les 20 tubes T8 actuels. 2 pts

...

3. **ANA** Calculer l'économie annuelle d'énergie (en kWh et en euros) réalisée en passant de 20 tubes T8 à 15 dalles LED. 2 pts

...

4. **REA** Calculer le coût de remplacement des tubes T8 sur 50 000 h (durée de vie d'une dalle LED), sachant qu'un tube T8 dure 10 000 h. Puis calculer le surcoût initial de l'investissement LED par rapport au simple remplacement des tubes T8 existants. En

déduire le temps de retour sur investissement (en années) en tenant compte à la fois des économies d'énergie et des économies de remplacement. 2,5 pts

...

5. **VAL** Le fabricant hésite. Rédiger une note technique argumentée (5-6 lignes) présentant les avantages et inconvénients du passage à la LED en intégrant : la conformité normative, l'efficacité lumineuse, le bilan économique et l'impact environnemental (émissions de CO₂ évitées sachant que 1 kWh = 57 g de CO₂ en France). 1,5 pt

...

Total : /20 points
