

CONVENTION DU CHAPITRE — ANTICIPATION DU PROGRAMME DE PREMIÈRE Le programme de **Seconde** aborde la lumière, les **couleurs** (synthèses additive et soustractive), les sources et les **photodétecteurs** de façon principalement qualitative. La relation $c = \lambda f$ avec calcul de fréquence, le **pont diviseur de tension** et la loi de décroissance de l'éclairement en $1/d^2$ relèvent de la classe de **Première**. Ils sont présentés ici par anticipation, en lien avec les métiers (éclairage, capteurs). En évaluation certificative de Seconde, seules les notions du programme sont exigibles.

Objectifs du chapitre

- Comprendre la nature ondulatoire de la lumière et les notions de longueur d'onde et fréquence.
- Distinguer synthèse additive (RGB) et synthèse soustractive (CMJ) et leurs applications en atelier de menuiserie.
- Connaître les principales sources lumineuses utilisées en atelier et leurs caractéristiques.
- Identifier les types de photodétecteurs et leurs applications en menuiserie et agencement.
- Calculer un éclairement et utiliser la loi en $1/d^2$.

Situation professionnelle — Éclairage d'un showroom de meubles

Un aménageur d'intérieur conçoit l'éclairage d'un showroom de mobilier en bois : il doit choisir des sources LED à la bonne température de couleur pour mettre en valeur les teintes du bois, et dimensionner l'éclairement des zones de présentation selon les normes du commerce de détail.

1. Introduction — La lumière en atelier

En menuiserie, agencement et ameublement, l'éclairage joue un rôle essentiel à plusieurs niveaux :

- **Atelier de fabrication** : un bon éclairage permet de travailler avec précision sur les machines, d'éviter les accidents et de contrôler la qualité des pièces usinées.
- **Showroom et magasin de meubles** : l'éclairage met en valeur les teintes du bois, les laques et les revêtements. Un mauvais éclairage peut faire paraître une teinte chêne comme du noyer !
- **Finition et vernissage** : lors de l'application de lasures, peintures ou vernis, la qualité de la lumière conditionne la perception exacte des couleurs.

EXEMPLE CONCRET

Un client choisit un plan de travail en chêne clair sous un éclairage fluorescent à la boutique. Une fois installé chez lui sous des spots halogènes, la teinte semble beaucoup plus jaune-dorée. Ce phénomène est dû à la **température de couleur** et à l'**indice de rendu des couleurs (IRC)** différents selon les sources.

Comparaison rapide des sources lumineuses

Trois grandes familles de lampes coexistent dans les ateliers et showrooms :

- **Incandescente** : filament chauffé à très haute température. Lumière chaude, IRC proche de 100, mais très énergivore (15 lm/W). Quasi-abandonnée en Europe.
- **Fluorescente (néon)** : décharge électrique dans un gaz excite des phosphores. Meilleure efficacité (~70 lm/W), IRC variable (80-90). Encore fréquente dans les anciens ateliers.
- **LED (diode électroluminescente)** : technologie moderne, lumière blanche obtenue par conversion de phosphore. Efficacité excellente (100-180 lm/W), IRC jusqu'à 98, durée de vie > 50 000 heures. Standard actuel en atelier.

POINT CLÉ







Pour la **finition du bois** (teinture, lasure, peinture), choisir une source avec un **IRC ≥ 90** est indispensable pour ne pas se tromper de couleur. Un IRC < 80 peut fausser la perception des teintes et entraîner des défauts de qualité sur les pièces finies.

2. Nature de la lumière

DÉFINITION

La **lumière visible** est un **rayonnement électromagnétique** dont la longueur d'onde est comprise entre **380 nm et 780 nm** ($1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$). C'est la seule partie du spectre électromagnétique détectable par l'œil humain.

La longueur d'onde détermine la couleur

Couleur	Longueur d'onde (λ)	Aperçu
Violet	380 – 450 nm	
Bleu	450 – 495 nm	
Vert	495 – 570 nm	
Jaune	570 – 590 nm	
Orange	590 – 620 nm	
Rouge	620 – 780 nm	

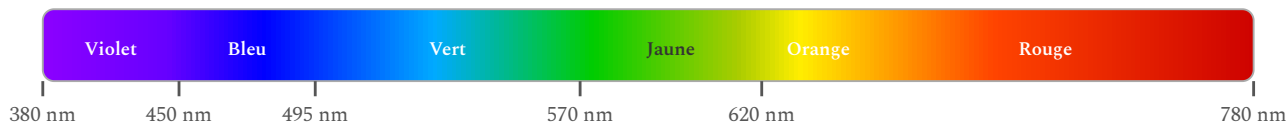
Relation entre célérité, longueur d'onde et fréquence

$$c = \lambda \times f$$

c : célérité de la lumière dans le vide = $3 \times 10^8 \text{ m/s}$ — λ : longueur d'onde en mètres (m) — f : fréquence en hertz (Hz)

Plus la longueur d'onde est **courte** , plus la fréquence est **élevée** (et l'énergie du photon plus grande). La lumière violette est donc plus énergétique que la lumière rouge.

Spectre visible — représentation



Spectre visible — de 380 nm (violet) à 780 nm (rouge)

APPLICATION

La lumière verte utilisée dans un éclairage LED de showroom a une longueur d'onde de $\lambda = 535 \text{ nm}$

.

1. Rappeler la relation entre célérité de la lumière, longueur d'onde et fréquence.
2. Convertir 535 nm en mètres.
3. Calculer la fréquence f de cette lumière. Exprimer le résultat en terahertz (THz).

Donnée : $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m/s}$.

3. Lumière blanche et couleurs

PROPRIÉTÉ

La **lumière blanche** est la superposition de toutes les radiations du spectre visible. Newton l'a démontré en 1666 en faisant passer un faisceau de lumière solaire à travers un **prisme** : le prisme décompose la lumière blanche en arc-en-ciel (dispersion chromatique). Un second prisme inverse le phénomène et reconstitue la lumière blanche.

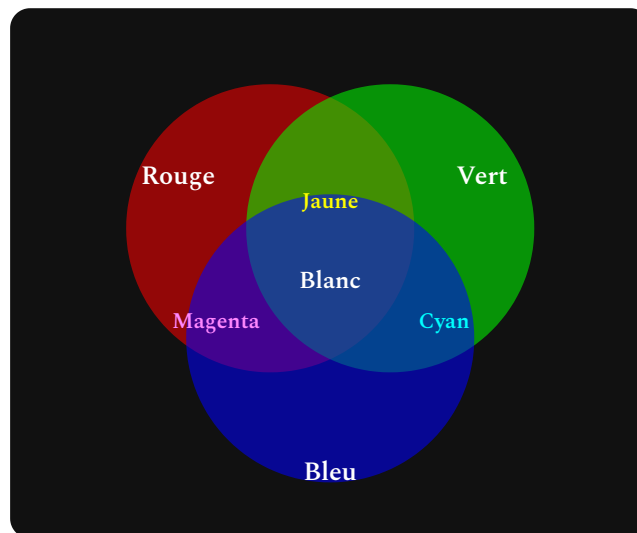
3.1 Synthèse additive (RGB)

DÉFINITION

La **synthèse additive** consiste à *additionner* des lumières colorées. Les trois couleurs primaires additives sont le **Rouge (R)**, le **Vert (G — Green)** et le **Bleu (B)**. Ce système s'applique aux écrans, aux projecteurs et aux éclairages LED colorés.

Règles de mélange en synthèse additive :

- $R + G = \text{Jaune}$
- $R + B = \text{Magenta}$
- $G + B = \text{Cyan}$
- $R + G + B = \text{Blanc}$
- Absence de toutes les couleurs = Noir



Synthèse additive — superposition de lumières RGB

APPLICATION EN ATELIER

Les éclairages LED RGB utilisés dans les showrooms de meubles fonctionnent sur le principe de la synthèse additive. En faisant varier l'intensité des LED rouge, verte et bleue, on obtient n'importe quelle teinte d'éclairage pour mettre en valeur différents types de bois ou de revêtements.

3.2 Synthèse soustractive (CMJ)

DÉFINITION

La **synthèse soustractive** s'applique lorsque l'on mélange des *matières colorées* (peintures, encres, teintures). Chaque pigment **absorbe** (soustrait) certaines longueurs d'onde. Les couleurs primaires soustractives sont le **Cyan (C)**, le **Magenta (M)** et le **Jaune (J / Yellow)**.

Règles de mélange en synthèse soustractive :

- $C + M = \text{Bleu}$
- $C + J = \text{Vert}$
- $M + J = \text{Rouge}$
- $C + M + J = \text{Noir (théoriquement)}$

APPLICATION EN ATELIER

- **Teintures pour bois** : le menuisier mélange des teintures à base de pigments. Un mélange de teinture jaune et de teinture bleue donne une teinture verte (synthèse soustractive).
- **Peintures et laques** : le coloriste d'une cabine de peinture mélange des bases pigmentaires selon les mêmes principes pour obtenir la teinte RAL souhaitée par le client.
- **Impression numérique** : les machines à imprimer les revêtements décoratifs (papier bois, stratifié HPL) utilisent des encres CMJN (Cyan, Magenta, Jaune + Noir).

NE PAS CONFONDRE

Synthèse additive : on ajoute de la lumière (fond noir \rightarrow blanc). Utilisée pour les écrans et l'éclairage LED coloré.

Synthèse soustractive : on retire des longueurs d'onde (fond blanc \rightarrow noir). Utilisée pour les peintures, teintures et impressions.

4. Sources lumineuses en atelier

4.1 Tableau comparatif des sources

Type de source	Température de couleur	IRC	Efficacité (lm/W)	Durée de vie
Incandescente	2 700 K	100	15	1 000 h
Halogène	3 000 K	99	25	2 000 h
Fluorescente (néon)	4 000 K	85	70	8 000 h
LED standard	2 700 – 6 500 K	80 – 90	100 – 130	25 000 h
LED haute performance	2 700 – 5 000 K	90 – 98	140 – 180	50 000 h

4.2 Température de couleur

DÉFINITION

La **température de couleur**, exprimée en **Kelvin (K)**, caractérise la teinte de la lumière émise par une source. Plus la valeur est élevée, plus la lumière est « froide » (bleutée). Plus elle est basse, plus la lumière est « chaude » (jaunâtre).

Plage en K	Type	Usage recommandé en atelier
2 700 – 3 000 K	Blanc chaud	Showroom, ambiance, exposition de meubles
3 000 – 4 000 K	Blanc neutre	Espaces de vente, accueil client
4 000 – 5 000 K	Blanc froid	Atelier, contrôle qualité
5 000 – 6 500 K	Lumière du jour	Finition, cabine de peinture, correspondance couleur

4.3 Indice de Rendu des Couleurs (IRC / CRI)

DÉFINITION

L'**Indice de Rendu des Couleurs (IRC)**, appelé aussi CRI en anglais (*Color Rendering Index*), mesure la capacité d'une source lumineuse à restituer fidèlement les couleurs des objets éclairés. Il varie de 0 à 100. Un IRC de 100 correspond à la lumière du soleil.

- **IRC < 80** : rendu des couleurs médiocre — à éviter pour tout travail de finition.

- IRC 80 – 90 : rendu acceptable pour les zones de circulation et atelier général.
- IRC ≥ 90 : rendu excellent, nécessaire pour la finition du bois, la correspondance des teintes et la cabine de peinture.
- IRC ≥ 95 : rendu professionnel, recommandé pour le contrôle qualité des teintes et les showrooms haut de gamme.

MÉTHODE

Pour choisir l'éclairage d'un poste de finition :

1. Vérifier que l'IRC ≥ 90 (idéalement 95 ou plus).
2. Choisir une **température de couleur de 5 000 K** (lumière du jour) pour la correspondance des couleurs.
3. S'assurer d'un **éclairement ≥ 750 lux** sur le plan de travail.
4. Privilégier les LED haute performance (meilleure efficacité énergétique et grande durée de vie).

5. Les photodétecteurs

DÉFINITION

Un **photodétecteur** est un composant électronique qui **convertit un signal lumineux en signal électrique**. La grandeur électrique produite (tension, courant ou résistance) varie en fonction de l'éclairement reçu par le composant.

5.1 La LDR (Light Dependent Resistor — Photorésistance)

PRINCIPE

La **LDR** (photorésistance) est un composant dont la **résistance diminue quand l'éclairement augmente**. Elle est fabriquée en sulfure de cadmium (CdS). En obscurité totale, sa résistance peut atteindre plusieurs mégohms ; en pleine lumière, elle tombe à quelques centaines d'ohms.

Valeurs typiques : **1 kΩ (lumière) – 1 MΩ (obscurité)**. Temps de réponse lent (quelques millisecondes à quelques secondes).

5.2 La photodiode

PRINCIPE

La **photodiode** est une diode semiconductrice qui génère un **courant électrique proportionnel à l'éclairement** reçu. Elle est très rapide (temps de réponse de l'ordre de la nanoseconde) et précise. Elle est montée en sens inverse (polarisation inverse). Très utilisée dans les télécommandes infrarouges et les barrières optiques.

5.3 Le phototransistor

PRINCIPE

Le **phototransistor** fonctionne comme un transistor dont la base est commandée par la lumière. Il fournit un **courant amplifié** comparé à la photodiode, ce qui le rend utile dans les circuits d'alarme et de détection de présence où l'on a besoin d'un signal plus puissant.

5.4 Les capteurs d'image CCD et CMOS

PRINCIPE

Les capteurs **CCD** (*Charge-Coupled Device*) et **CMOS** (*Complementary Metal-Oxide Semiconductor*) sont des matrices de millions de photodiodes organisées en pixels. Ils capturent une image entière. Ils équipent les caméras numériques, téléphones et systèmes de vision industrielle.

5.5 Tableau comparatif

Photodétecteur	Grandeur électrique	Caractéristique principale	Applications en atelier
LDR	Résistance (k Ω)	R diminue avec la lumière — 1 k Ω à 1 M Ω — réponse lente	Éclairage automatique atelier, veilleuse
Photodiode	Courant (μ A)	Courant proportionnel à l'éclairement — très rapide (ns)	Barrière optique machine, télécommande IR
Phototransistor	Courant amplifié (mA)	Signal amplifié — réponse rapide — plus sensible que photodiode	Détection de présence, comptage pièces
CCD / CMOS	Image numérique	Matrice de pixels — haute résolution — traitement logiciel	Contrôle qualité par vision, caméra atelier

5.6 Applications concrètes en atelier de menuiserie

EXEMPLES D'APPLICATION

- **Éclairage automatique** : une LDR détecte la luminosité ambiante. Quand elle passe en dessous d'un seuil (soirée, nuages), les lumières de l'atelier s'allument automatiquement — économie d'énergie garantie.
- **Détection de présence** : un rideau de photodiodes infrarouges détecte le passage d'une pièce de bois sur un tapis roulant pour commander un arrêt de sécurité.
- **Contrôle qualité par vision** : une caméra CCD/CMOS analyse les défauts de surface d'un panneau stratifié en sortie de presse. Elle détecte les bulles, éraflures ou défauts de teinte inacceptables.
- **Sécurité machine** : les barrières optiques autour des scies circulaires et toupies utilisent des émetteurs infrarouge et des photodiodes réceptrices. Si le faisceau est interrompu (main du menuisier), la machine s'arrête immédiatement.

APPLICATION

Une LDR est utilisée pour commander l'éclairage automatique d'un atelier. Elle est montée en série avec une résistance fixe de

$$R = 10 \text{ k}\Omega$$

et alimentée par une tension $U = 12 \text{ V}$ (pont diviseur de tension). La tension U_R est mesurée aux bornes de la résistance fixe.

- En

OBSCURITÉ

$$: R_{\text{LDR}} = 100 \text{ k}\Omega$$

- En

PLEINE LUMIÈRE

$$: R_{\text{LDR}} = 1 \text{ k}\Omega$$

1. Rappeler la formule du pont diviseur de tension.
2. Calculer la tension U_R aux bornes de la résistance fixe en obscurité.
3. Calculer la tension U_R aux bornes de la résistance fixe en pleine lumière.
4. Dans quel cas U_R est-elle suffisante pour activer un système commandé à partir de 5 V ? Interpréter.

6. Éclairage et flux lumineux

6.1 Définitions

DÉFINITION — FLUX LUMINEUX

Le **flux lumineux** Φ (phi), exprimé en **lumen (lm)**, représente la puissance totale lumineuse émise par une source, pondérée par la sensibilité de l'œil humain. Une ampoule LED de 9 W émet typiquement 800 lm .

DÉFINITION — ÉCLAIREMENT

L'**éclairage** E , exprimé en **lux (lx)**, est le flux lumineux reçu par unité de surface. Il dépend à la fois du flux émis par la source et de la distance entre la source et la surface éclairée.

$$E = \frac{\Phi}{S}$$

E : éclairage en lux (lx) — Φ : flux lumineux en lumens (lm) — S : surface éclairée en mètres carrés (m^2)

6.2 Valeurs d'éclairage recommandées

Type de local / tâche	Éclairage recommandé
Couloir, zone de circulation	100 – 200 lux
Bureau, salle de réunion	500 lux
Atelier menuiserie général	750 lux
Tâches précises, machines-outils	1 000 lux
Contrôle qualité, finition, cabine de peinture	1 000 – 1 500 lux

6.3 Loi de l'inverse du carré de la distance

LOI PHYSIQUE

L'éclairage produit par une source ponctuelle est **inversement proportionnel au carré de la distance** entre la source et la surface éclairée. Lorsque la distance double, l'éclairage est divisé par 4.

$$E \propto \frac{1}{d^2}$$

d : distance entre la source et la surface (en m) — Si d double, E est divisé par 4.

EXEMPLE CHIFFRÉ

Une lampe produit 1 000 lux à 1 m de distance.

- À 2 m : $E = 1000/2^2 = 250$ lux.
- À 0,5 m : $E = 1000/0,5^2 = 4\,000$ lux.

En atelier de menuiserie, il est donc préférable de rapprocher les luminaires du plan de travail plutôt que de multiplier le nombre de lampes — mais attention à ne pas éblouir l'opérateur !

APPLICATION

Un atelier de menuiserie possède une surface de travail de

$$S = 12 \text{ M}^2$$

. La norme recommande un éclairage minimal de $E = 750$ lux.

1. Rappeler la formule liant éclairage, flux lumineux et surface.
2. Calculer le flux lumineux total Φ nécessaire pour respecter la norme.
3. Combien faut-il de lampes LED de 800 lm chacune pour atteindre ce flux ?
Arrondir au nombre entier supérieur.

APPLICATION

Un chef d'atelier souhaite équiper son poste de finition. Il dispose d'un espace de 20 M^2

et veut respecter les contraintes suivantes :

- Éclairement minimal :

$$E = 750 \text{ LUX}$$

- Indice de rendu des couleurs :

$$\text{IRC} = 95$$

(modèle LED sélectionné)

- Nombre de lampes prévu :

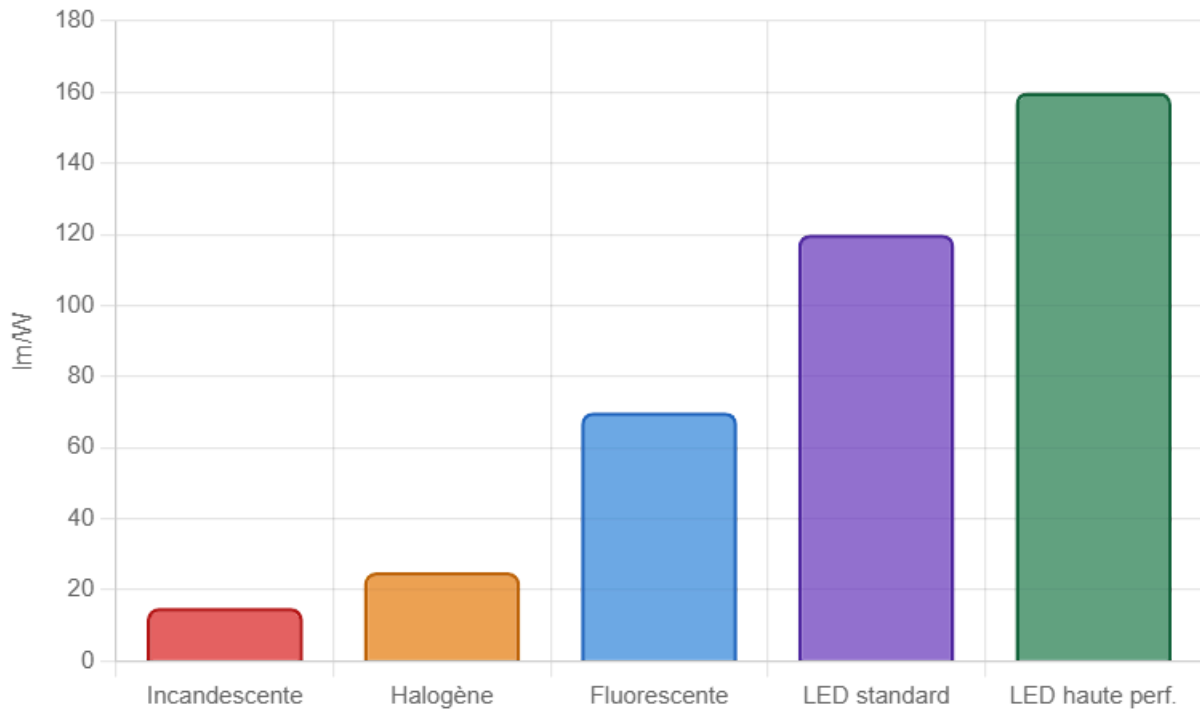
$$8 \text{ LAMPES LED}$$

1. Calculer le flux lumineux total nécessaire Φ_{total} .
2. Calculer le flux lumineux nécessaire par lampe (Φ_{lampe}).
3. Des LED de 1 800 lm (IRC 95) sont disponibles. Valident-elles les besoins ? Justifier par le calcul.
4. Pourquoi est-il essentiel de choisir IRC = 95 pour ce poste de finition ?

7. Comparaison de l'efficacité lumineuse — Graphique

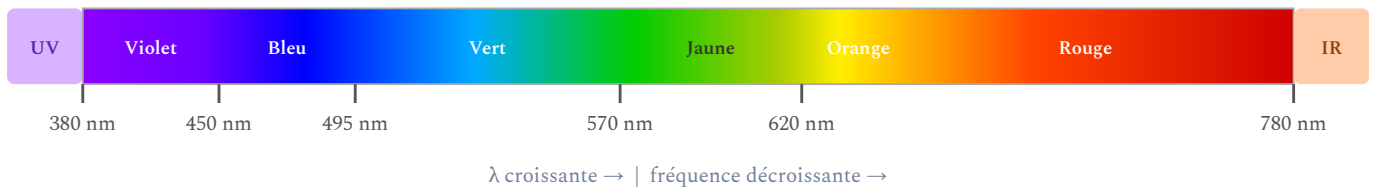
Le graphique ci-dessous compare l'**efficacité lumineuse** (en lm/W) des principales technologies d'éclairage. Plus la valeur est élevée, moins la lampe consomme d'énergie pour produire la même quantité de lumière.

Efficacité lumineuse des sources (lm/W)



8. Diagramme du spectre visible — complété

Le diagramme ci-dessous situe le spectre visible dans le contexte plus large du spectre électromagnétique. Les **ultraviolets (UV)** se trouvent à gauche (longueurs d'onde < 380 nm) et les **infrarouges (IR)** à droite ($\lambda > 780$ nm). Ces deux régions sont invisibles à l'œil nu mais exploitées dans de nombreux capteurs industriels.



Spectre électromagnétique visible entre UV ($\lambda < 380$ nm) et IR ($\lambda > 780$ nm)

9. À retenir

À RETENIR

1. La **lumière visible** est un rayonnement électromagnétique de longueur d'onde comprise entre **380 et 780 nm**. La relation $c = \lambda \times f$ relie célérité (3×10^8 m/s), longueur d'onde et fréquence.
2. **Synthèse additive (RGB)** pour les éclairages LED colorés et écrans : R+G+B = Blanc. **Synthèse soustractive (CMJ)** pour les peintures et teintures : C+M+J = Noir. Ce sont deux logiques opposées.
3. En atelier de menuiserie, choisir une source LED avec **IRC ≥ 90** (idéalement 95) est indispensable pour tout travail de finition, teinture ou contrôle de couleur du bois.
4. L'**éclairage** E (en lux) se calcule par $E = \Phi/S$. Il suit la loi de l'inverse du carré de la distance : si on double la distance, l'éclairage est divisé par 4. Un atelier de menuiserie doit disposer de **750 lux minimum**.
5. Les **photodétecteurs** (LDR, photodiode, phototransistor, CCD/CMOS) transforment la lumière en signal électrique. Ils permettent l'automatisation de l'éclairage, la sécurité des machines et le contrôle qualité par vision en atelier de menuiserie.

Simulations interactives

[Sources lumineuses](#)

[Mélangeur RVB](#)

Lumière, couleurs et photodétecteurs

Fiche d'exercices – Progresser de la notion de longueur d'onde à l'application industrielle

Socle

Standard

Approfondissement

Tout voir

 Objectifs du chapitre[cliquer pour développer](#)


Rappels du cours

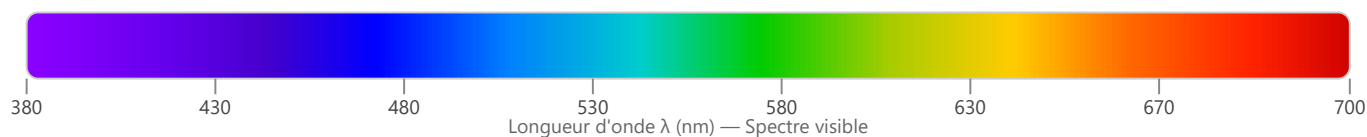
La lumière visible est une **onde électromagnétique** dont la longueur d'onde λ est comprise entre **380 nm (violet)** et **780 nm (rouge)**. Sa fréquence et sa longueur d'onde sont liées par la relation $c = \lambda \cdot f$ avec $c = 3 \times 10^8$ m/s (vitesse de la lumière dans le vide).

Les **sources lumineuses** (LED, lampe à incandescence, tube fluorescent) se caractérisent par leur *température de couleur* (en kelvins) et leur *indice de rendu des couleurs* (IRC, de 0 à 100). Les **photodétecteurs** (LDR, photodiode, capteur CCD) transforment un signal lumineux en signal électrique.

L'**éclairage** E (en lux) mesure la quantité de flux lumineux reçue par unité de surface :

$$E = \frac{\Phi}{S} \text{ où } \Phi \text{ est le flux lumineux en lumens (lm) et } S \text{ la surface en m}^2.$$

 **Mode d'emploi** : Les exercices de base (Niveau 1) sont pour tous. Ensuite, choisis ton niveau avec le bouton en haut de page. Résous chaque exercice, puis clique sur "*Voir la correction*" pour vérifier.



Exercices guidés pas à pas

EXERCICE 1 Longueur d'onde et couleur

SOCLE



Spectre visible

La lumière visible est caractérisée par sa longueur d'onde λ . Plus λ est faible, plus on se rapproche du violet ; plus elle est grande, plus on se rapproche du rouge.

Q1. Compléter le tableau suivant en indiquant la couleur correspondant à chaque longueur d'onde.

Longueur d'onde λ (nm)	Couleur observée	Domaine du spectre
450 nm
530 nm
580 nm
650 nm
700 nm

Q2. La lumière infrarouge a $\lambda > 780$ nm et la lumière ultraviolette $\lambda < 380$ nm. Ces radiations sont-elles visibles à l'œil nu ? Pourquoi est-ce important dans le contexte d'un atelier de menuiserie ?

Q3. Un voyant DEL bleu d'un tableau de bord a $\lambda = 470$ nm. Un voyant rouge a $\lambda = 660$ nm. Lequel a la longueur d'onde la plus faible ? Lequel a la fréquence la plus élevée ?

Mes calculs :

EXERCICE 2 Calculer la fréquence d'une lumière

SOCLE

Méthode – Calculer la fréquence depuis la longueur d'onde

On utilise la relation fondamentale : $c = \lambda \cdot f$, soit $f = \frac{c}{\lambda}$.

Attention : il faut exprimer λ en **mètres** (et non en nanomètres) avant de calculer.

Rappel : $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$.

On donne : $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m/s}$.

Q1. Un laser de pointeur émet une lumière verte de longueur d'onde $\lambda = 532 \text{ nm}$. Calculer sa fréquence f .

Q2. Une lampe sodium émet à $\lambda = 589 \text{ nm}$ (lumière jaune-orangé). Calculer sa fréquence.

Q3. Un capteur infrarouge pour barrière de sécurité d'une presse émet à $\lambda = 880 \text{ nm}$. Calculer sa fréquence. Cette lumière est-elle visible ?

Attention — Unités !

Les longueurs d'onde sont souvent données en nanomètres (nm). Il faut *toujours* les convertir en mètres avant d'appliquer $f = c/\lambda$.

Mes calculs :

EXERCICE 3 Choisir le bon photodétecteur

SOCLE

Les principaux photodétecteurs utilisés en milieu industriel sont :

Photodétecteur	Principe	Applications typiques
LDR	Résistance variable selon l'éclairement	Allumage automatique, seuil d'ambiance
Photodiode	Génère un courant proportionnel au flux lumineux reçu	Barrière IR, télémétrie, encodeur optique
Capteur CCD / CMOS	Réseau de photodiodes formant une image	Contrôle qualité visuel, lecture de QR code, caméra

Q1. Un menuisier souhaite que l'éclairage de son atelier s'allume automatiquement dès que la luminosité naturelle devient insuffisante. Quel photodétecteur recommandez-vous ?

Q2. Une barrière de sécurité doit détecter très rapidement (temps de réponse < 1 ms) le passage d'une main devant une scie à ruban. Quel capteur choisir et pourquoi ?

Q3. Le contrôle qualité en fin de ligne de fabrication de panneaux vérifie l'absence de défaut de surface (rayure, nœud visible). Quel dispositif optique est le plus adapté ?

Q4. Un encodeur optique mesure la vitesse de rotation d'un arbre moteur de dégauchisseuse. Il émet un faisceau IR et compte les impulsions. Quel photodétecteur convient ?

Mes calculs :

EXERCICE 4 Calcul de fréquence — méthode détaillée

SOCLE

ATELIER DE MENUISERIE

Méthode pas à pas :

Étape 1 : Lire λ en nm dans l'énoncé.

Étape 2 : Convertir en mètres \rightarrow multiplier par 10^{-9} .

Étape 3 : Appliquer $f = c/\lambda$ avec $c = 3,00 \times 10^8$ m/s.

Un menuisier agenceur règle son laser de mesure. Le laser émet à $\lambda = 650$ nm (rouge).

Étape 1 — Lire λ : $\lambda = \dots\dots\dots$ nm

Étape 2 — Convertir : $\lambda = 650 \times 10^{-9} = \dots\dots\dots$ m

Étape 3 — Calculer : $f = \frac{3,00 \times 10^8}{\dots\dots\dots} = \dots\dots\dots$ Hz

À toi : Même méthode pour une LED verte à $\lambda = 520$ nm.

Étape 2 : $\lambda = 520 \times 10^{-9} = \dots\dots\dots$ m

Étape 3 : $f = \frac{3,00 \times 10^8}{\dots\dots\dots} = \dots\dots\dots$ Hz

Mes calculs :

EXERCICE 5 Calcul d'éclairément — guidé

SOCLE

ATELIER DE MENUISERIE

L'atelier d'assemblage d'un menuisier mesure **20 m²**. On installe des luminaires LED qui produisent un flux total de **4 000 lm**.

Formule à utiliser : $E = \frac{\Phi}{S}$

Étape 1 — Identifier les données :

$\Phi = \dots\dots\dots$ lm $S = \dots\dots\dots$ m²

Étape 2 — Appliquer la formule :

$E = \frac{\dots\dots\dots}{\dots\dots\dots} = \dots\dots\dots$ lux

Étape 3 — Comparer à la norme (300 lx minimum pour un atelier de travail du bois) :

L'éclairément est-il suffisant ?

Bonus : Si on veut exactement 300 lx sur 20 m², quel flux faut-il ?

$\Phi = E \times S = 300 \times 20 = \dots\dots\dots$ lm

Mes calculs :

EXERCICE 6 Synthèse additive — tableau guidé

SOCLE

ATELIER DE MENUISERIE

Un apprenti menuisier prépare l'éclairage d'un stand d'exposition. Il dispose de LED RGB (rouge, vert, bleu).

Rappel des mélanges de base : $R+V = \text{Jaune}$ | $R+B = \text{Magenta}$ | $V+B = \text{Cyan}$ | $R+V+B = \text{Blanc}$ | rien = Noir

LED allumées	Couleur obtenue
Rouge + Vert + Bleu
Rouge + Vert
Rouge + Bleu
Vert + Bleu
Bleu seul
Aucune (éteint)

Question : Pour obtenir un éclairage blanc dans la vitrine, quelles LED allumer ?

Mes calculs :

EXERCICE 7 Identifier les couleurs du spectre visible

SOCLE



Spectre visible

VIE QUOTIDIENNE

On observe un arc-en-ciel après une averse. Les couleurs apparaissent dans un ordre précis.

Étape 1 — Classer les couleurs suivantes de la plus petite longueur d'onde à la plus grande : rouge, vert, bleu, jaune, violet, orange.

Violet → → → → → Rouge

Étape 2 — Parmi ces couleurs, laquelle a la fréquence la plus élevée ? Laquelle a la fréquence la plus basse ?

Étape 3 — Un rayon de lumière a une longueur d'onde de 500 nm. À quelle couleur correspond-il ? Aide : regarde le spectre en haut de la page.

Mes calculs :

EXERCICE 8 Synthèse soustractive — mélange de peintures

SOCLE

ATELIER DE PEINTURE

Un artisan menuisier mélange des peintures pour obtenir des teintes. En synthèse soustractive, les couleurs primaires sont le **Cyan (C)**, le **Magenta (M)** et le **Jaune (J)**.

Rappel des mélanges : $C + M = \text{Bleu}$ | $C + J = \text{Vert}$ | $M + J = \text{Rouge}$ | $C + M + J = \text{Noir}$

Complète le tableau :

Peintures mélangées	Couleur obtenue
Cyan + Jaune
Magenta + Jaune
Cyan + Magenta
Cyan + Magenta + Jaune

Question : Pourquoi dit-on « soustractive » ? Que se passe-t-il quand on mélange toutes les couleurs ?

Mes calculs :

EXERCICE 9 Convertir des longueurs d'onde — pas à pas

SOCLE



Spectre visible

SCIENCES

Pour utiliser la formule $f = c/\lambda$, il faut convertir λ de nanomètres en mètres.

Rappel : $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$. Pour convertir, on multiplie la valeur en nm par 10^{-9} .

Convertis les longueurs d'onde suivantes en mètres :

a) $\lambda = 400 \text{ nm} = 400 \times 10^{-9} = \dots\dots\dots \text{ m}$

b) $\lambda = 550 \text{ nm} = \dots\dots\dots \text{ m}$

c) $\lambda = 700 \text{ nm} = \dots\dots\dots \text{ m}$

d) $\lambda = 1\,500 \text{ nm} = \dots\dots\dots \text{ m}$ (infrarouge)

Question bonus : Parmi ces quatre longueurs d'onde, lesquelles sont dans le visible ?

Mes calculs :

EXERCICE 10 Choisir une source lumineuse — vrai ou faux guidé

SOCLE

TECHNOLOGIE

Réponds par **Vrai** ou **Faux** et corrige les affirmations fausses.

- a) Une lampe LED consomme plus d'énergie qu'une lampe à incandescence pour le même flux lumineux.
- b) L'IRC d'une lampe à incandescence est proche de 100.
- c) Une lampe fluorescente a une durée de vie plus longue qu'une LED.
- d) Pour contrôler la teinte d'un vernis bois, il faut un IRC supérieur à 90.
- e) Une température de couleur de 2 700 K donne une lumière froide et bleutée.

Mes calculs :

EXERCICE 11 Les photodétecteurs — relier chaque capteur à son usage

SOCLE

VIE QUOTIDIENNE

Relie chaque photodétecteur à son application en complétant les phrases.

Capteurs : LDR — Photodiode — Capteur CCD/CMOS

- a) Pour allumer automatiquement les lampadaires le soir, on utilise un(e)
- b) Pour détecter très rapidement le passage d'une main devant une machine, on utilise un(e)
- c) Pour prendre une photo avec un téléphone portable, on utilise un
- d) Pour lire un code-barres sur un emballage, on utilise un(e)

Mes calculs :

EXERCICE 12 Éclairage et sécurité — calcul guidé

SOCLE

SÉCURITÉ AU TRAVAIL

Un couloir d'accès à un atelier mesure $3 \text{ m} \times 8 \text{ m} = 24 \text{ m}^2$. On y installe deux plafonniers LED de $2\,400 \text{ lm}$ chacun.

Étape 1 — Calculer le flux total : $\Phi = 2 \times 2\,400 = \dots\dots\dots \text{ lm}$

Étape 2 — Calculer l'éclairement : $E = \frac{\Phi}{S} = \frac{\dots\dots\dots}{24} = \dots\dots\dots \text{ lx}$

Étape 3 — La norme impose 100 lx minimum pour un couloir. L'éclairage est-il suffisant ?

Mes calculs :

EXERCICE 13 LDR — lire un tableau de mesures**SOCLE****SCIENCES — ÉLECTRICITÉ**

On mesure la résistance d'une LDR pour différents niveaux de lumière :

Éclairement (lx)	Résistance (Ω)
0 (obscurité)	500 000
10	50 000
100	5 000
1 000	500

- Q1.** Quand l'éclairement augmente, la résistance de la LDR augmente-t-elle ou diminue-t-elle ?
- Q2.** Par combien la résistance est-elle divisée quand on passe de 10 lx à 100 lx ?
- Q3.** Pourquoi la LDR est-elle adaptée pour déclencher l'allumage automatique d'un éclairage ?

Mes calculs :

Exercices d'application

EXERCICE 14 Synthèse additive des couleurs

STANDARD



Spectre visible

La **synthèse additive** s'applique aux sources lumineuses (écrans, projecteurs, éclairages à LED RGB). Les trois couleurs primaires sont le Rouge (R), le Vert (V) et le Bleu (B).

Mélanges fondamentaux : R+V = Jaune | R+B = Magenta | V+B = Cyan | R+V+B = Blanc | rien = Noir

Q1. Compléter le tableau des mélanges en synthèse additive :

Mélange	Couleur résultante
Rouge + Vert + Bleu	...
Rouge + Vert	...
Rouge + Bleu	...
Vert + Bleu	...
Rouge seul	...
Aucune couleur (éteint)	...

Q2. Un poste de peinture bois est équipé de LED RGB pilotables. Pour reproduire un blanc lumière du jour pur, faut-il allumer les trois canaux R, V, B ? Qu'obtient-on si on diminue fortement l'intensité du canal vert ?

Q3. Expliquer pourquoi un écran de tablette utilise la synthèse additive et non soustractive.

Mes calculs :

EXERCICE 15 Calculer l'éclairement d'un atelier de menuiserie

STANDARD

ATELIER DE MENUISERIE

Méthode - Calculer l'éclairement

$E = \frac{\Phi}{S}$ où E est l'éclairement en **lux (lx)**, Φ le flux lumineux en **lumens (lm)**, S la surface en **m²**.

L'atelier de débit d'un menuisier agenceur a une surface de $S = 30 \text{ m}^2$. Les luminaires LED installés produisent un flux lumineux total de $\Phi = 7\,500 \text{ lm}$ sur le plan de travail.

Q1. Calculer l'éclairement E en lux.

Q2. La norme recommande un éclairement d'au moins 300 lx pour un atelier de travail du bois. L'installation est-elle conforme ?

Q3. Quelle valeur de flux lumineux faudrait-il pour obtenir exactement 300 lx sur cette surface ?

Q4. Si les luminaires sont des LED de 100 lm/W, quelle puissance électrique totale faut-il installer pour obtenir 300 lx sur 30 m² ?

Mes calculs :

EXERCICE 16 Choisir la température de couleur pour un poste de finition bois

STANDARD



Spectre visible

ATELIER DE MENUISERIE — FINITION

La **température de couleur** (exprimée en kelvins, K) caractérise la teinte d'une source lumineuse :

Plage (K)	Aspect	Exemple
2 700 – 3 000 K	Blanc chaud (jaunâtre)	Ampoule à incandescence
4 000 – 4 500 K	Blanc neutre	Bureau, couloir industriel
5 500 – 6 500 K	Blanc froid (lumière du jour)	Poste de finition, contrôle teinte

L'**Indice de Rendu des Couleurs (IRC)** indique la fidélité de restitution des couleurs (100 = lumière du jour). Pour un poste de contrôle de teinte bois, l'IRC doit être ≥ 90 .

Q1. Pourquoi un poste de vérification de lasure doit-il utiliser une lumière à 5 500 K plutôt qu'une lampe à 2 700 K ?

Q2. Un atelier dispose de deux sources : Source A (IRC = 80, 4 000 K) et Source B (IRC = 95, 5 500 K). Quelle source choisir pour le poste de finition bois ? Justifier.

Q3. Dans la zone de stockage des matériaux, les exigences sont moins strictes. Peut-on utiliser la Source A ? Quels avantages présente-t-elle ?

Mes calculs :

EXERCICE 17 Dimensionner l'éclairage complet d'un atelier de menuiserie

STANDARD

ATELIER DE MENUISERIE

L'atelier principal d'une menuiserie d'agencement a une surface de 60 m^2 .

L'éclairage recommandé pour les travaux de précision est $E = 500 \text{ lx}$. On utilise des luminaires LED ayant une efficacité lumineuse de 100 lm/W et un facteur de dépréciation de $0,80$ (l'installation produit 80 % du flux initial après vieillissement).

- Q1. Calculer le flux lumineux utile Φ_{utile} nécessaire pour obtenir 500 lx sur 60 m^2 .
- Q2. En tenant compte du facteur de dépréciation, quel flux initial Φ_{initial} faut-il prévoir ?
- Q3. Calculer la puissance électrique totale à installer.
- Q4. Si on choisit des luminaires LED de 50 W unitaires (fournissant 5 000 lm chacun), combien en faut-il ? Arrondir au supérieur.
- Q5. L'ancien éclairage fluorescent utilisait des tubes de 58 W (4 200 lm/tube). Comparer la puissance totale installée. Quel est le gain en pourcentage ?

Mes calculs :

EXERCICE 18 Synthèse soustractive — teintures pour bois

STANDARD

ATELIER DE MENUISERIE — FINITION

Un menuisier agenceur dispose de trois teintures primaires : **cyan**, **magenta** et **jaune**. Il souhaite obtenir différentes teintes pour ses panneaux décoratifs.

Rappel synthèse soustractive : $C + J = \text{Vert}$ | $M + J = \text{Rouge}$ | $C + M = \text{Bleu}$ | $C + M + J = \text{Noir}$

Q1. Le client demande un panneau teinté en vert. Quelles teintures primaires le menuisier doit-il mélanger ?

Q2. Pour obtenir un rouge foncé, il mélange magenta et jaune puis ajoute un peu de cyan. Pourquoi le rouge s'assombrit-il ?

Q3. Une imprimante utilisée pour imprimer des motifs sur stratifié utilise des encres CMJN. Que signifie le N ? Pourquoi l'ajoute-t-on alors que $C + M + J$ donne déjà du noir en théorie ?

Mes calculs :

EXERCICE 19 Fréquence et énergie de la lumière

STANDARD

SCIENCES

On donne $c = 3,00 \times 10^8$ m/s et la constante de Planck $h = 6,63 \times 10^{-34}$ J·s.

Q1. Calculer la fréquence d'une lumière rouge de $\lambda = 680$ nm et celle d'une lumière violette de $\lambda = 400$ nm.

Q2. Laquelle de ces deux lumières a la fréquence la plus élevée ?

Q3. On sait que l'énergie d'un photon augmente avec la fréquence. Quelle lumière est la plus énergétique : rouge ou violette ? Expliquer pourquoi les UV sont dangereux pour la peau.

Q4. L'énergie d'un photon est donnée par $E = \frac{hc}{\lambda}$. Calculer l'énergie d'un photon rouge (680 nm) et d'un photon violet (400 nm), en joules. Vérifier que le résultat confirme la réponse de la Q3.

Mes calculs :

EXERCICE 20 Éclairage et loi en $1/d^2$

STANDARD

ATELIER DE MENUISERIE

Un spot LED éclaire un plan de travail situé à **2 m** du luminaire. Le flux lumineux du spot est $\Phi = 1\,600$ lm et il éclaire une surface circulaire de **4 m²** au sol.

Q1. Calculer l'éclairage reçu sur le plan de travail.

Q2. Si on éloigne le spot à **4 m** du plan de travail (la surface éclairée devient **16 m²**), quel est le nouvel éclairage ?

Q3. Par combien l'éclairage a-t-il été divisé ? Que peut-on en conclure sur la relation entre distance et éclairage ?

Mes calculs :

EXERCICE 21 Sources lumineuses — comparer les performances**STANDARD****ÉNERGIE**

Le tableau suivant compare trois sources lumineuses :

Source	Puissance (W)	Flux (lm)	Durée de vie (h)	IRC
Incandescente	60	800	1 000	100
Fluocompacte	15	800	8 000	82
LED	8	800	30 000	90

Q1. Calculer l'efficacité lumineuse (en lm/W) de chaque source.

Q2. Pour une utilisation de 3 h par jour pendant 1 an (365 jours), calculer l'énergie consommée par chaque source en kWh. Rappel : $\text{Énergie} = P \times t$.

Q3. Au prix de 0,20 €/kWh, calculer le coût annuel de chaque source.

Q4. Quelle source recommander pour un atelier de menuiserie ? Justifier.

Mes calculs :

EXERCICE 22 Longueur d'onde et couleur perçue — filtre coloré

STANDARD

VIE QUOTIDIENNE

Un filtre coloré ne laisse passer que certaines longueurs d'onde de la lumière blanche.

Q1. Un filtre rouge ne laisse passer que les longueurs d'onde supérieures à 620 nm. Si on éclaire un objet blanc avec cette lumière filtrée, de quelle couleur apparaît-il ?

Q2. Un filtre vert ne laisse passer que les longueurs d'onde entre 500 nm et 570 nm. Si on éclaire un objet rouge (qui ne diffuse que le rouge, $\lambda > 620$ nm) avec cette lumière filtrée, quelle couleur voit-on ?

Q3. Pourquoi un menuisier doit-il éviter les éclairages colorés pour contrôler une teinte de lasure ?

Mes calculs :

EXERCICE 23 Photodétecteur dans un système d'alarme

STANDARD

SÉCURITÉ

Un système d'alarme dans un entrepôt de bois utilise une barrière infrarouge. Un émetteur envoie un faisceau IR à $\lambda = 850 \text{ nm}$ vers un récepteur (photodiode) situé à 10 m.

Q1. Calculer la fréquence de ce rayonnement. On donne $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m/s}$.

Q2. Ce faisceau est-il visible à l'œil nu ? Quel est l'avantage pour un système de sécurité ?

Q3. La photodiode génère un courant de $15 \mu\text{A}$ quand le faisceau est reçu. Quand une personne coupe le faisceau, le courant tombe à $0 \mu\text{A}$ et l'alarme se déclenche. Pourquoi ne pas utiliser une LDR à la place de la photodiode ?

Mes calculs :

EXERCICE 24 Température de couleur et ambiance d'un showroom

STANDARD

ATELIER DE MENUISERIE — SHOWROOM

Un fabricant de meubles aménage son showroom. Il hésite entre trois types de LED :

LED	Température de couleur	Aspect
A	2 700 K	Blanc chaud
B	4 000 K	Blanc neutre
C	6 500 K	Blanc froid

Q1. Pour mettre en valeur des meubles en chêne massif (teinte chaude, dorée), quelle LED recommander ?

Q2. Pour l'espace bureau où les clients consultent les catalogues, quelle LED choisir ?

Q3. Pour comparer fidèlement un échantillon de bois à un nuancier, quelle température de couleur est recommandée et pourquoi ?

Mes calculs :

EXERCICE 25 Dimensionner l'éclairage d'une salle de cours

STANDARD

VIE QUOTIDIENNE

Une salle de classe mesure $8 \text{ m} \times 10 \text{ m} = 80 \text{ m}^2$. La norme impose un éclairage de 500 lx pour une salle de cours. On dispose de dalles LED de $4\,000 \text{ lm}$ chacune, ayant une efficacité de 120 lm/W .

Q1. Calculer le flux lumineux total nécessaire.

Q2. Combien de dalles LED faut-il installer ? Arrondir au supérieur.

Q3. Calculer la puissance électrique d'une dalle LED, puis la puissance totale installée.

Mes calculs :

Exercices d'approfondissement

EXERCICE 26 Poste de finition bois — IRC et conformité normative

APPROFONDISSEMENT

ATELIER DE MENUISERIE — CONTRÔLE QUALITÉ

Un atelier de menuiserie équipe son poste de finition (lasure, teinture, vernis). Le responsable technique compare deux solutions d'éclairage :

Solution	Technologie	Temp. couleur	IRC	Flux (lm)	Puissance (W)
A	LED blanc neutre standard	4 000 K	80	6 000	60
B	LED « lumière du jour » haut IRC	5 500 K	95	5 400	60

La surface du poste de finition est de 12 m^2 . La norme NF EN 12464-1 impose pour un poste de contrôle colorimétrique : $\text{IRC} \geq 90$ et $E \geq 1\,000 \text{ lx}$.

Q1. Calculer l'éclairement E produit par chacune des solutions (flux reçu sur 12 m^2).

Q2. Vérifier pour chaque solution si les deux critères normatifs (IRC et éclairement) sont respectés.

Q3. Le technicien propose d'installer **4 luminaires de la Solution B**. Recalculer l'éclairement. Les critères sont-ils maintenant tous satisfaits ?

Q4. Expliquer concrètement l'impact d'un IRC faible (80) sur le travail du menuisier lors de la vérification de la teinte d'une lasure.

Q5. Un client demande une teinte particulière pour ses panneaux. Le menuisier compare la teinte appliquée à un témoin. Pourquoi l'IRC et la température de couleur sont-ils tous deux importants ?

Mes calculs :

Two horizontal lines for writing, enclosed in a dashed rectangular box.

EXERCICE 27 Capteur de proximité infrarouge sur machine à commande numérique

APPROFONDISSEMENT

ATELIER DE MENUISERIE — AUTOMATISMES

Une machine à commande numérique (CNC) d'usinage du bois est équipée d'un capteur de proximité infrarouge. Ce capteur émet un faisceau IR à $\lambda = 940 \text{ nm}$ puis mesure la puissance réfléchie reçue par la photodiode réceptrice.

La puissance reçue par la photodiode suit une loi d'atténuation avec la distance :

$$P_{\text{reçue}} = \frac{P_0}{d^2}$$

où $P_0 = 1,2 \times 10^{-3} \text{ W}\cdot\text{m}^2$ est la puissance de référence à 1 m, et d la distance en mètres.

La photodiode génère un courant $I = k \cdot P_{\text{reçue}}$ avec $k = 0,5 \text{ A/W}$.

Le système déclenche une alerte lorsque le courant tombe en dessous de

$$I_{\text{seuil}} = 4,0 \times 10^{-5} \text{ A}.$$

Q1. La lumière à 940 nm est-elle visible ? Justifier en comparant à la plage du visible (380–780 nm).

Q2. Calculer la puissance reçue à $d = 0,10 \text{ m}$ puis à $d = 0,20 \text{ m}$. Que remarque-t-on quand la distance double ?

Q3. Calculer le courant I généré à $d = 0,10 \text{ m}$.

Q4. Calculer la distance maximale de détection d_{max} à laquelle le courant atteint exactement I_{seuil} . (Exprimer en cm.)

Q5. Un film de sciure sur la lentille du capteur réduit la puissance émise de 30 %. Recalculer d_{max} . Quel impact opérationnel cela a-t-il pour l'opérateur ?

Mes calculs :

EXERCICE 28 Éclairage d'un terrain de sport — problème complet

APPROFONDISSEMENT

SPORT — ÉNERGIE

Un gymnase municipal de 800 m^2 doit être éclairé à 300 lx au sol (norme pour la compétition sportive). On compare deux solutions :

Solution	Technologie	Flux par luminaire (lm)	Puissance (W)	Durée de vie (h)	Prix unitaire (€)
A	Halogène métallique	20 000	250	6 000	120
B	LED haute puissance	20 000	140	50 000	350

Le facteur de dépréciation est de $0,80$ pour les deux solutions. L'éclairage fonctionne $2\,000 \text{ h/an}$. Le prix de l'électricité est $0,18 \text{ €/kWh}$.

- Q1. Calculer le flux total nécessaire (après dépréciation) pour 300 lx sur 800 m^2 .
- Q2. En déduire le flux initial à installer, puis le nombre de luminaires pour chaque solution.
- Q3. Calculer le coût électrique annuel de chaque solution.
- Q4. Calculer le coût total sur 10 ans (achat + électricité + remplacement). En combien d'années la solution LED est-elle rentabilisée ?

Mes calculs :

EXERCICE 29 Contrôle qualité par caméra CCD — résolution et défaut

APPROFONDISSEMENT

ATELIER DE MENUISERIE — CONTRÔLE QUALITÉ

En fin de chaîne de fabrication, une caméra CCD contrôle la surface des panneaux de bois pour détecter les défauts (rayures, nœuds, taches). Le capteur CCD a les caractéristiques suivantes :

- Résolution : $2\,048 \times 1\,536$ pixels
- Le champ de vision couvre une surface de $40\text{ cm} \times 30\text{ cm}$ sur le panneau

Q1. Calculer le nombre total de pixels du capteur.

Q2. Calculer la taille d'un pixel sur le panneau (en mm), dans la direction horizontale.

Q3. Un défaut doit mesurer au moins 3 pixels de large pour être détecté de manière fiable. Quelle est la plus petite taille de défaut détectable (en mm) ?

Q4. L'éclairage du poste de contrôle doit être homogène et intense. Expliquer pourquoi une variation d'éclairage pourrait créer de « faux défauts » sur l'image.

Mes calculs :

EXERCICE 30 Fibre optique et transmission de données

APPROFONDISSEMENT

TECHNOLOGIE — TÉLÉCOMMUNICATIONS

Une fibre optique transmet des données en utilisant un laser infrarouge à $\lambda = 1\,550\text{ nm}$. La lumière se propage dans la fibre à une vitesse $v = 2,00 \times 10^8\text{ m/s}$ (inférieure à c à cause du matériau).

- Q1. Calculer la fréquence du laser. Utiliser $c = 3,00 \times 10^8\text{ m/s}$ (la fréquence ne change pas dans le matériau).
- Q2. Ce rayonnement est-il visible ? Dans quelle partie du spectre se situe-t-il ?
- Q3. La fibre relie deux bâtiments distants de 500 m. Calculer le temps de propagation du signal dans la fibre.
- Q4. Calculer l'indice de réfraction n de la fibre, sachant que $n = c/v$. Commenter.

Mes calculs :

EXERCICE 31 Panneau solaire et spectre lumineux

APPROFONDISSEMENT

ÉNERGIE RENOUVELABLE

Un panneau solaire photovoltaïque convertit la lumière en électricité grâce à des cellules en silicium. Le silicium absorbe les photons dont la longueur d'onde est inférieure à $\lambda_{\max} = 1\,100\text{ nm}$.

Q1. Les photons de lumière visible (380–780 nm) sont-ils absorbés par le silicium ? Justifier.

Q2. Calculer la fréquence minimale des photons absorbés par le silicium.

Q3. Le spectre solaire contient aussi des photons infrarouges à $\lambda = 2\,000\text{ nm}$. Sont-ils absorbés ? Quel est l'impact sur le rendement du panneau ?

Q4. Un atelier de menuiserie installe 10 panneaux de 300 W sur son toit. L'ensoleillement moyen est de 4 h équivalentes par jour. Calculer l'énergie produite par jour puis par an (en kWh).

Mes calculs :

EXERCICE 32 Synthèse additive et soustractive — problème de synthèse

APPROFONDISSEMENT

ATELIER DE MENUISERIE — EXPOSITION

Un architecte d'intérieur aménage un stand d'exposition de meubles. Il utilise à la fois des **projecteurs LED RGB** (synthèse additive) et des **panneaux peints** (synthèse soustractive) pour créer l'ambiance.

Q1. Le projecteur LED émet du rouge et du vert. Quelle couleur de lumière obtient-on sur le mur blanc ? S'agit-il de synthèse additive ou soustractive ?

Q2. Le peintre mélange de la peinture cyan et de la peinture jaune pour le fond du stand. Quelle couleur obtient-il ? Quelle synthèse est en jeu ?

Q3. On projette la lumière jaune (R+V) de la Q1 sur le panneau vert de la Q2. L'œil voit-il du vert, du jaune ou une autre couleur ? Expliquer en utilisant les notions d'absorption et de diffusion.

Q4. On éteint le projecteur. Le panneau est maintenant éclairé uniquement par un spot rouge. De quelle couleur apparaît le panneau vert ? Justifier.

Mes calculs :

EXERCICE 33 Bilan énergétique d'un éclairage d'atelier — type BTS

APPROFONDISSEMENT

ATELIER DE MENUISERIE — GESTION ÉNERGÉTIQUE

Un atelier de menuiserie d'agencement comprend quatre zones avec des besoins différents :

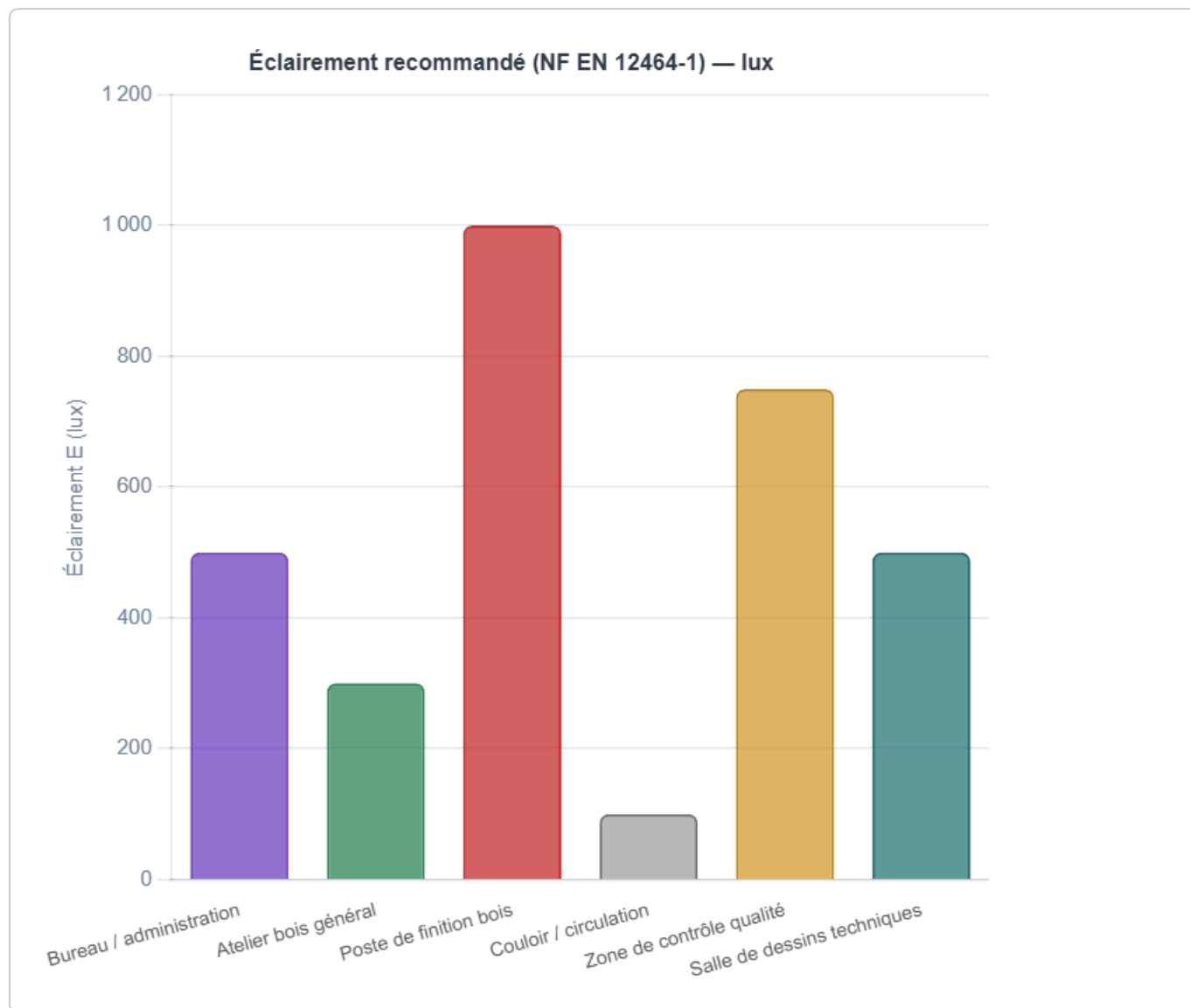
Zone	Surface (m ²)	Éclairage requis (lx)	Durée d'utilisation (h/jour)
Débit / usinage	80	300	8
Assemblage	40	500	8
Finition / peinture	25	1 000	6
Stockage	60	100	4

Toutes les zones sont équipées de LED d'efficacité 120 lm/W. Facteur de dépréciation : 0,80. L'atelier fonctionne 250 jours/an.

- Q1. Pour chaque zone, calculer le flux lumineux initial nécessaire.
- Q2. En déduire la puissance électrique d'éclairage de chaque zone.
- Q3. Calculer l'énergie électrique totale consommée pour l'éclairage sur une année (en kWh).
- Q4. Au tarif de 0,22 €/kWh, calculer le coût annuel de l'éclairage.
- Q5. L'ancien éclairage fluorescent avait une efficacité de 60 lm/W. Quel aurait été le coût annuel ? Calculer l'économie réalisée en passant aux LED.

Mes calculs :

La norme NF EN 12464-1 fixe les niveaux d'éclairage minimaux selon le type d'activité. Le graphique ci-dessous compare les besoins en lux pour différents locaux d'un atelier de menuiserie.



Formules essentielles du chapitre 14

- Relation lumière : $c = \lambda \cdot f$ soit $f = \frac{c}{\lambda}$ avec $c = 3 \times 10^8$ m/s
- Énergie d'un photon : $E = \frac{hc}{\lambda}$ avec $h = 6,63 \times 10^{-34}$ J·s (λ en mètres, E en joules)
- Éclairement : $E = \frac{\Phi}{S}$ (lux = lm / m²)
- IRC : indice de rendu des couleurs (0 à 100) — poste finition bois exige IRC ≥ 90
- Spectre visible : 380 nm (violet) à 780 nm (rouge)
- Synthèse additive : R+V+B = blanc, R+V = jaune, R+B = magenta, V+B = cyan

Méthode — Résoudre un calcul de fréquence

1. Lire la longueur d'onde λ en nm dans l'énoncé.
2. Convertir : multiplier par 10^{-9} pour obtenir les mètres.
3. Appliquer $f = c/\lambda$ avec $c = 3,00 \times 10^8$ m/s.
4. Vérifier l'ordre de grandeur : pour la lumière visible, f est autour de 5×10^{14} Hz.

Attention — Pièges fréquents

- Ne jamais insérer des nm directement dans $f = c/\lambda$: toujours convertir en **mètres** d'abord.
- L'éclairement E (lux) est différent du flux Φ (lumens) et de la puissance (watts).
- Un IRC élevé ne signifie pas une source plus lumineuse : IRC et flux sont des grandeurs indépendantes.
- Les capteurs IR travaillent à des longueurs d'onde supérieures à 780 nm : invisible \neq inoffensif.

Tableau de synthèse — Photodétecteurs

Capteur	Grandeur de sortie	Vitesse	Application en atelier
LDR	Résistance	Lente (ms)	Éclairage automatique atelier
Photodiode	Courant	Très rapide (ns)	Barrière sécurité, encodeur, IR
CCD / CMOS	Image numérique	Rapide (ms)	Contrôle qualité panneaux bois

Socle

Standard

Approfondissement

Tout voir

 Objectifs du chapitre

cliquer pour développer

SOCLE

DS Socle — Lumière, couleurs et photodétecteurs

Questions guidées avec aide à la résolution

 Durée : 1 heure  Calculatrice : autorisée  Barème : 20 points Documents : non autorisés

APP - S'Approprier

ANA - Analyser

REA - Réaliser

VAL - Valider

COM - Communiquer



10 pts

Partie A – Lumière et couleurs

2 pts/question.

1. **APP** Le spectre visible va de nm (violet) à nm (rouge). Compléter avec les valeurs 380 et 780.

2. **APP** La lumière blanche contient-elle toutes les couleurs du spectre visible ? Entourer la bonne réponse :

OUI / NON

Donner un exemple d'instrument qui décompose la lumière blanche :

3. **APP** Les trois couleurs primaires en synthèse additive sont :,,
Leur mélange donne :

4. **ANA**

Aide : Un objet de couleur rouge ne réfléchit que la lumière rouge. S'il n'y a pas de lumière rouge dans le faisceau incident, rien n'est renvoyé vers l'œil.

Un panneau de bois teint en rouge est éclairé par une lumière bleue. Quelle couleur perçoit-on ?

Expliquer :

5. **APP**

Formule : $E = \frac{\Phi}{S}$ où E est en lux, Φ en lumens, S en m^2

Donner la formule de l'éclairement E en fonction du flux lumineux Φ et de la surface S :

$E = \dots\dots\dots$ unités : E en, Φ en, S en

Partie B – Photodétecteurs et calculs guidés

10 pts

1. **APP** (2 pts)

Aide : Une LDR = Light Dependent Resistor = résistance dépendante de la lumière.

Qu'est-ce qu'une photorésistance (LDR) ? Entourer la bonne réponse :

- a) Sa résistance augmente quand l'éclairement augmente.
- b) Sa résistance *diminue* quand l'éclairement augmente.
- c) Sa résistance ne change pas.

2. REA VAL (4 pts)

Formule à utiliser : $E = \frac{\Phi}{S}$ → calculer le résultat, puis comparer à 500 lx.

L'atelier d'assemblage d'un menuisier agenceur fait **40 m²**. Les luminaires produisent un flux total de $\Phi = 16\,000$ lm.

Étape 1 : Écrire la formule : $E = \frac{\dots\dots\dots}{\dots\dots\dots}$

Étape 2 : Calculer : $E = \dots\dots\dots$ lx

Étape 3 : Comparer à la norme (500 lx minimum pour travail de précision) : est-ce suffisant ?

3. REA VAL (2 pts)

Aide : Efficacité lumineuse = flux (lm) ÷ puissance (W). Plus ce nombre est grand, meilleure est la lampe.

Lampe A : 12 W → 1 200 lm. Lampe B : 60 W → 800 lm.

Calculer l'efficacité lumineuse de chacune :

Lampe A : $1\,200 \div 12 = \dots\dots\dots$ lm/W

Lampe B : $800 \div 60 = \dots\dots\dots$ lm/W

Laquelle est la plus économique ?

4. COM (2 pts) Citer **deux applications** des photodétecteurs dans un atelier de menuiserie :

1.

2.

DS Standard — Lumière, couleurs et photodétecteurs

Programme complet — Exercices du Bac Pro

 **Durée** : 1 heure  **Calculatrice** : autorisée  **Barème** : 20 points

 **Documents** : non autorisés

APP - S'Approprier

ANA - Analyser

REA - Réaliser

VAL - Valider

COM - Communiquer

Partie A – Lumière blanche, couleurs et sources

10 pts

2 pts/question.

- APP** Qu'est-ce que la lumière blanche ? Comment peut-on la décomposer ?

- APP** Citer les trois couleurs primaires de la lumière (synthèse additive). Que donne leur mélange ?

- ANA** Un panneau de bois teint en rouge est éclairé par une lumière bleue. Quelle couleur perçoit-on ? Expliquer.

- COM** Citer deux types de sources lumineuses utilisées en atelier de menuiserie et indiquer un avantage de chacune.

- APP** Donner la formule de l'éclairement E en fonction du flux lumineux Φ et de la surface S . Préciser les unités.

Partie B – Photodétecteurs et calculs d'éclairement

10 pts

1. **APP** (3 pts) Qu'est-ce qu'une photorésistance (LDR) ? Comment sa résistance évolue-t-elle quand l'éclairement augmente ?

2. **REA VAL** (3 pts) Un atelier de 40 m^2 reçoit un flux lumineux total de $\Phi = 16\,000 \text{ lm}$. Calculer l'éclairement E en lux. Est-ce suffisant pour un travail de précision (norme : 500 lx minimum) ?

3. **REA VAL** (2 pts) Une lampe de 12 W produit $1\,200 \text{ lm}$. Une autre lampe de 60 W produit 800 lm . Laquelle a le meilleur rendement lumineux ? Calculer son efficacité lumineuse (en lm/W).

4. **COM** (2 pts) Citer une application industrielle des photodétecteurs dans un atelier de menuiserie.

APPROFONDISSEMENT

DS Approfondissement — Lumière, couleurs et photodétecteurs

Problèmes contextualisés — Niveau BTS / Poursuite d'études

 **Durée** : 1 heure  **Calculatrice** : autorisée  **Barème** : 20 points

 **Documents** : non autorisés

APP - S'Approprier

ANA - Analyser

REA - Réaliser

VAL - Valider

COM - Communiquer

Partie A – Poste de finition bois : conformité normative

10 pts

Contexte : Un atelier de menuiserie d'agencement rénove son poste de finition (lasure, teinture, vernis sur bois). Le responsable technique compare deux solutions d'éclairage pour respecter la norme NF EN 12464-1 ($IRC \geq 90$ *et* $E \geq 1\,000$ lx pour un poste de contrôle colorimétrique).

Solution	Technologie	Temp. couleur	IRC	Flux (lm)	Puissance (W)
A	LED blanc neutre standard	4 000 K	80	6 000	60
B	LED lumière du jour haut IRC	5 500 K	95	5 400	60

Surface du poste de finition : 12 m^2 .

1. **REA** (2 pts) Calculer l'éclairement E produit par chacune des solutions (flux reçu sur 12 m^2). Montrer les calculs.

2. **VAL** (2 pts) Dresser un tableau de conformité : vérifier pour chaque solution si les deux critères normatifs ($IRC \geq 90$ *et* $E \geq 1\,000$ lx) sont respectés.

3. **REA** **VAL** (2 pts) Le technicien propose d'installer **4 luminaires de la Solution B**. Calculer le nouvel éclairement. Les deux critères normatifs sont-ils maintenant satisfaits ?

4. **ANA** **COM** (2 pts) Expliquer concrètement pourquoi un IRC de 80 pose problème pour le menuisier qui vérifie la teinte d'une lasure. Quel risque cela engendre-t-il pour la satisfaction du client ?

5. **ANA** (2 pts) Distinguer IRC et température de couleur. Pourquoi ces deux paramètres sont-ils *tous les deux* nécessaires pour un contrôle de teinte fiable ?

Partie B – Capteur infrarouge sur machine CNC bois

10 pts

Contexte : Une machine à commande numérique (CNC) d'usinage du bois est équipée d'un capteur de proximité infrarouge. Il émet à $\lambda = 940 \text{ nm}$ et mesure la puissance réfléchiée par la pièce usinée.

Loi d'atténuation : $P_{\text{reçue}} = \frac{P_0}{d^2}$ avec $P_0 = 1,2 \times 10^{-3} \text{ W}\cdot\text{m}^2$.

Courant de photodiode : $I = k \cdot P_{\text{reçue}}$ avec $k = 0,5 \text{ A/W}$.

Seuil de déclenchement de l'alerte : $I_{\text{seuil}} = 4,0 \times 10^{-5} \text{ A}$.

1. **APP** (1 pt) La lumière à 940 nm est-elle visible ? Justifier en comparant à la plage du spectre visible (380–780 nm). Quel avantage présente l'utilisation d'un faisceau IR invisible en atelier ?

2. **REA** (2 pts) Calculer la puissance reçue par la photodiode à $d = 0,10 \text{ m}$, puis à $d = 0,20 \text{ m}$. Que remarque-t-on quand la distance double ? (Donner la loi physique correspondante.)

3. **REA** (2 pts) Calculer le courant I généré par la photodiode à $d = 0,10 \text{ m}$.

4. **REA VAL** (3 pts) Calculer la distance maximale de détection d_{max} à laquelle le courant atteint exactement I_{seuil} . Exprimer le résultat en cm. Montrer toutes les étapes de calcul.

5. **ANA** **COM** (2 pts) Un film de sciure sur la lentille du capteur réduit la puissance émise de 30 %. Calculer la nouvelle distance maximale d'_{\max} . Analyser l'impact opérationnel pour l'opérateur de la CNC. Quelle consigne de maintenance en déduire ?
