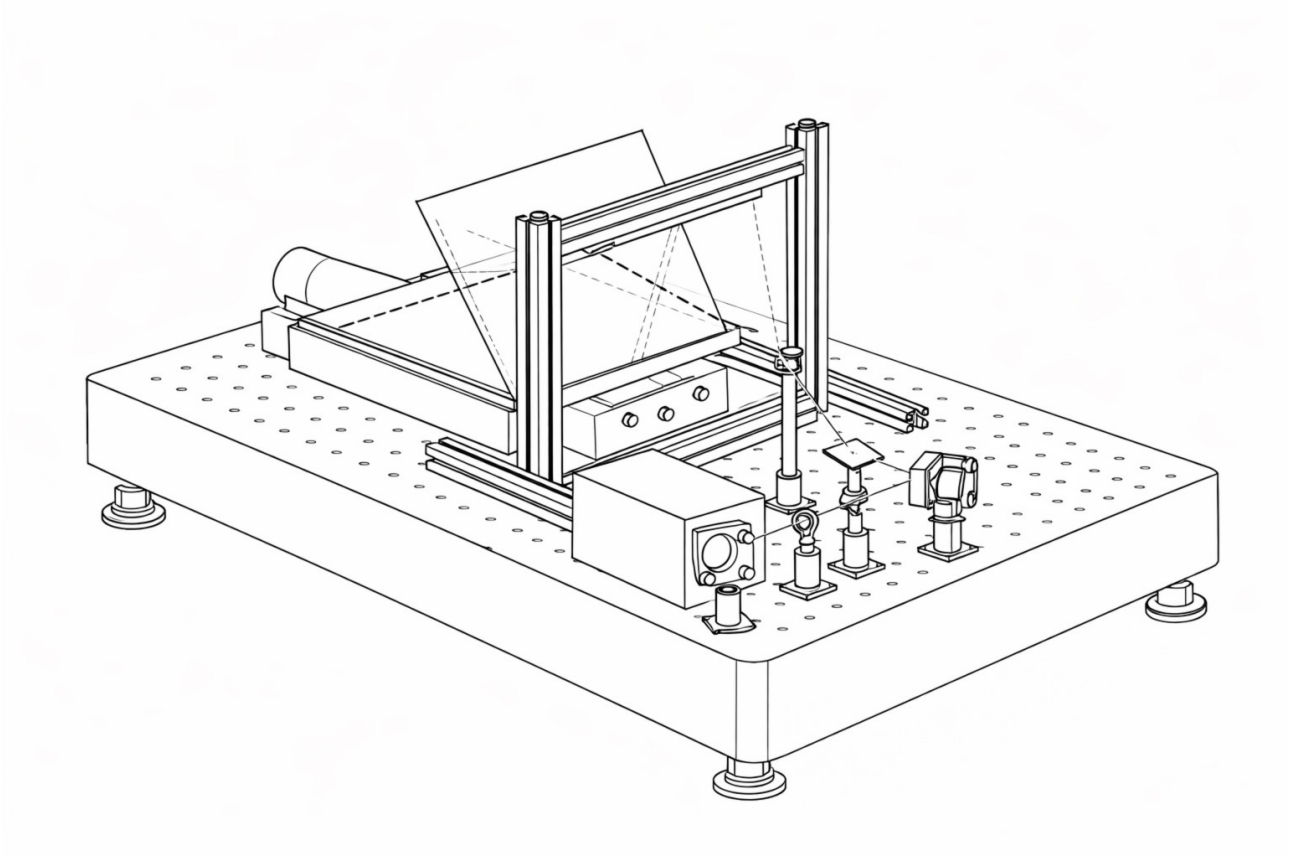
H O L O S C A N

Holographic Scanning Duplication System



Plateforme de duplication et de transfert holographique par balayage linéaire cohérent

Conception Jean-Claude TISSERAND
HOLOLAB-FACTORY Janvier 2026

SOMMAIRE

Résumé exécutif ..... p. 3

1 — Introduction ..... p. 4

2 — Vision et enjeux ..... p. 5

3 — Pourquoi HOLOSCAN ? ..... p. 7

4 — Principe du dispositif ..... p. 8

5 — Architecture optique ..... p. 9

6 — Double régime d’exploitation ..... p. 12

7 — Architecture mécanique et stabilité ..... p. 13

8 — Crédibilité technique ..... p. 14

9 — Applications et usages ..... p. 14

10 — État d’avancement du projet ..... p. 15

11 — Objectifs du projet ..... p. 15

12 — Calendrier de développement ..... p. 15

ANNEXES

Annexe A — Dimensionnement énergétique ..... p. 17

RÉSUMÉ EXÉCUTIF

HOLOSCAN est une plateforme opto-mécanique de duplication et de transfert holographique. Il s’agit d’un système de balayage laser cohérent, permettant de reproduire et transférer des hologrammes jusqu’au format 400 × 300 mm, tout en maîtrisant les contraintes géométriques, énergétiques et thermiques propres aux supports d’enregistrements holographiques sur émulsion argentique ou photopolymère.

Le développement de la plateforme HOLOSCAN répond à plusieurs enjeux techniques et patrimoniaux liés à la conservation et à la reproduction des hologrammes analogiques.

1 — INTRODUCTION

HOLOSCAN est conçu comme un système de duplication holographique par balayage laser cohérent.

Il permet de transférer ou reproduire des hologrammes analogiques tout en améliorant :

• la stabilité mécanique
• la reproductibilité
• la maîtrise énergétique
• la compatibilité avec différents supports

Le dispositif s’inscrit dans une démarche de **conservation du patrimoine holographique** et d’**innovation technique dans l’holographie analogique couleur**.

2 — VISION ET ENJEUX

Vision et cadre institutionnel

HOLOSCAN a été conçu dans le cadre des activités de **HOLOLAB-FACTORY**, association à but non lucratif fondée en 2023 et dédiée à l'imagerie holographique.

HOLOLAB-FACTORY est née d'un constat simple :
l'holographie constitue un champ unique où se rencontrent recherche scientifique, innovation technique et création artistique, mais ce domaine reste peu structuré et fragile en France.

L'association s'est donnée pour mission de :

• promouvoir les savoir-faire liés à l'holographie analogique
• transmettre les connaissances techniques et scientifiques associées
• encourager l'expérimentation et l'innovation
• favoriser l'émergence d'une holographie couleur contemporaine

Une ambition comparable à une transition historique

L'évolution actuelle de l'holographie peut être comparée à celle qu'a connue la photographie lors du passage du noir et blanc à la couleur.

Cette transition transforme :

• le langage artistique
• les usages
• les perceptions

HOLOLAB-FACTORY inscrit son action dans cette dynamique :

• préserver les pratiques analogiques historiques
• développer des procédés couleurs maîtrisés
• intégrer progressivement des approches numériques
• structurer un espace de recherche interdisciplinaire

HOLOSCAN comme outil structurant

HOLOSCAN constitue un instrument clé.

Il permet :

• la sauvegarde d'un patrimoine holographique existant
• l'expérimentation de nouveaux protocoles
• la mise en œuvre d'hologrammes couleurs
• la transmission pédagogique des méthodes de duplication

3 — POURQUOI HOLOSCAN ?

Préserver un patrimoine holographique fragile

De nombreux hologrammes réalisés entre les années 1970 et 1990 ont été enregistrés sur supports argentiques aujourd'hui fragiles ou devenus rares. Certains n'existent qu'en un nombre très limité d'exemplaires.

Sans dispositif adapté de duplication, une partie de ce patrimoine artistique et scientifique risque une disparition progressive.

Parallèlement, les supports modernes tels que les photopolymères offrent une stabilité accrue et un potentiel élargi pour l'holographie couleur. Leur utilisation exige toutefois une maîtrise fine des paramètres d'exposition, notamment de la densité de puissance lumineuse et des contraintes thermiques.

Ces contraintes ont conduit au développement de la plateforme HOLOSCAN, un dispositif spécifiquement conçu pour répondre aux problématiques de duplication et de transfert holographique.

Limites des procédés de duplication classiques

Dans les procédés traditionnels de duplication holographique :

• toute la plaque est exposée simultanément
• les temps de pose durent plusieurs minutes

Le système devient alors très sensible :

• aux vibrations
• aux micro-déplacements
• aux dérives thermiques

Même des mouvements infimes peuvent perturber la formation des franges d'interférence, entraînant une perte d'uniformité ou une diminution de l'efficacité de diffraction de l'hologramme final.

La reproduction fiable d'hologrammes, en particulier pour la production de copies finales (H2), devient ainsi une opération délicate et souvent incertaine.

L’apport du balayage linéaire HOLOSCAN

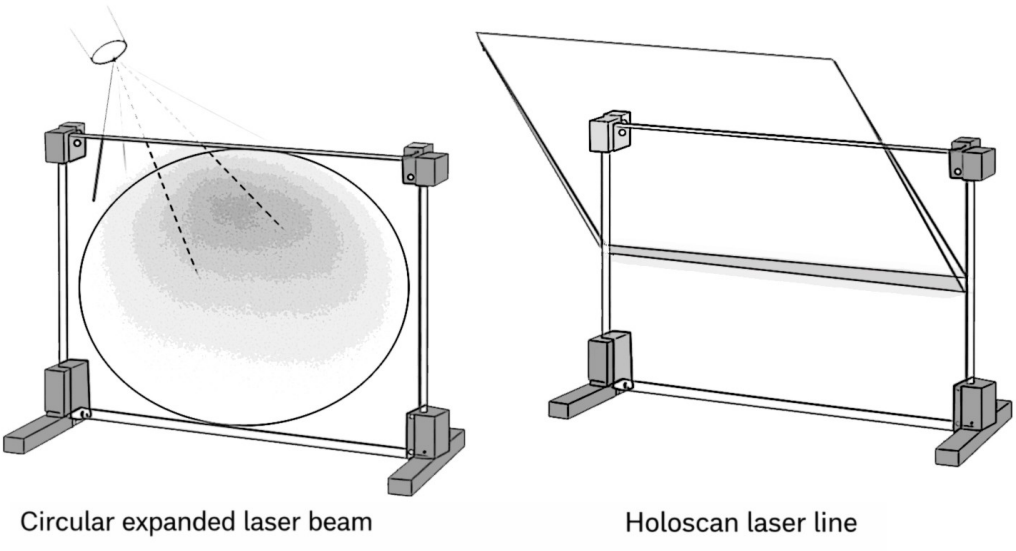
HOLOSCAN propose une approche fondée sur un **balayage linéaire par ligne laser cohérente**.

Au lieu d’exposer toute la surface simultanément :

• la plaque est exposée progressivement
• une ligne lumineuse homogène balaie le film
• le support se déplace sous cette ligne

Cette architecture permet :

• une duplication plus stable
• une meilleure reproductibilité
• une production fiable de copies d’hologrammes



4 — PRINCIPE DU DISPOSITIF

Balayage linéaire par ligne laser cohérente

HOLOSCAN repose sur un principe simple :

exposer un hologramme par une **ligne laser cohérente fixe**, pendant que le support se déplace.

Au lieu d’éclairer toute la surface en une seule fois, le système génère une ligne lumineuse homogène sur une largeur pouvant atteindre **400 mm**.

Le couple composé de l’hologramme maître et du support vierge se déplace progressivement sous cette ligne.

L’exposition complète est obtenue par balayage.

Étapes du fonctionnement :

1. émission laser cohérente
2. formation de la ligne lumineuse
3. orientation angulaire
4. contact optique
5. balayage mécanique

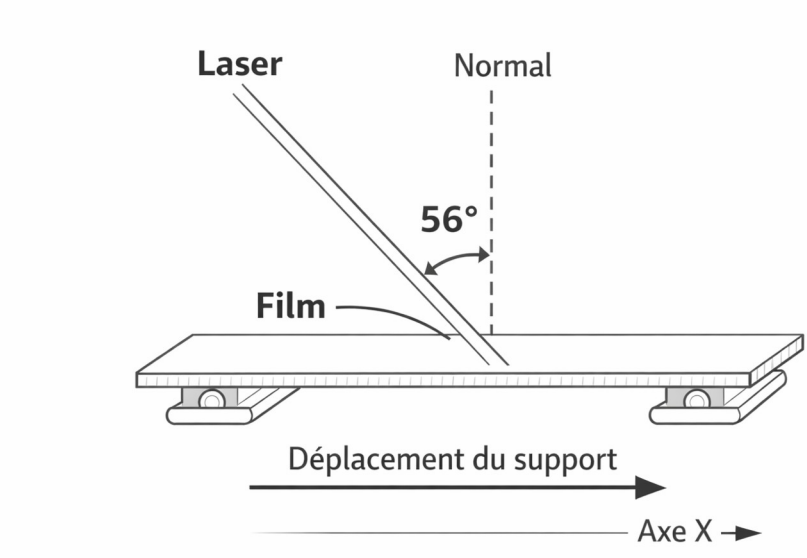
Avantages :

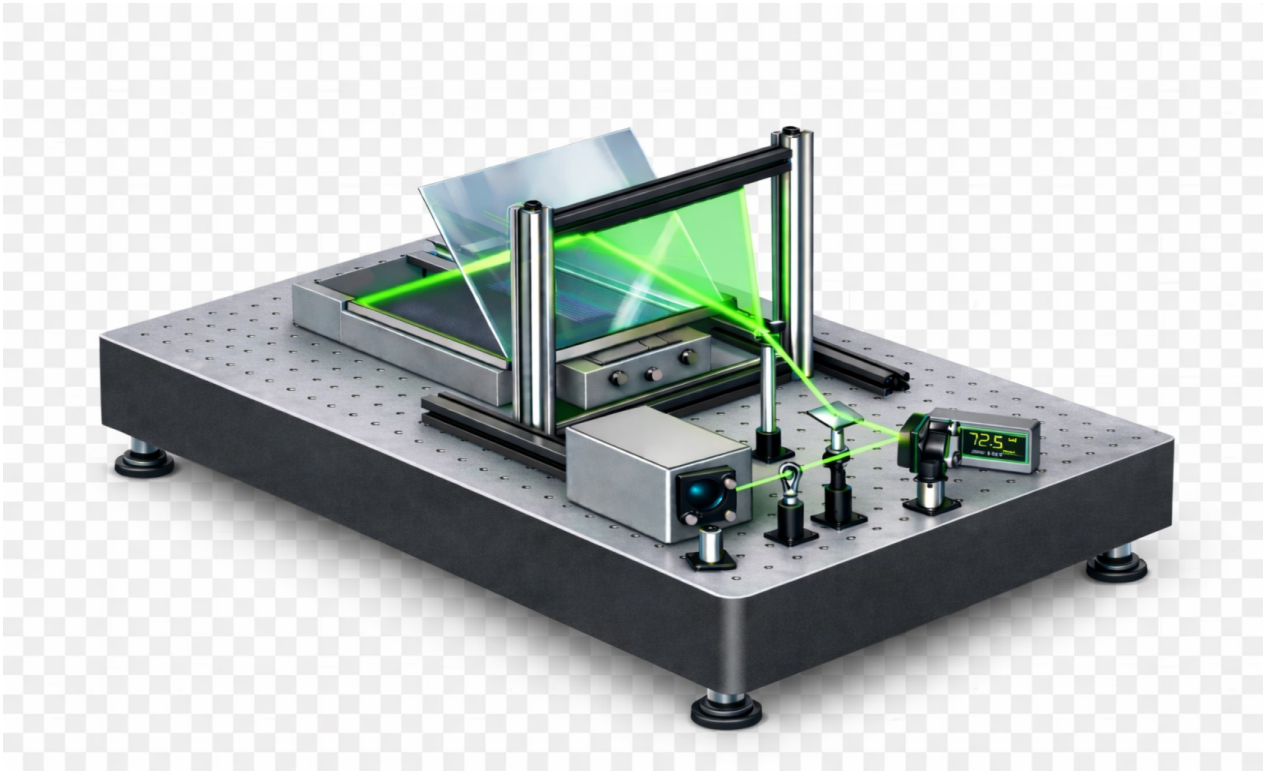
• maîtrise précise de la dose

• réduction des inhomogénéités

• gestion thermique optimisée

• compatibilité grand format





5 — ARCHITECTURE OPTIQUE

L’architecture optique de HOLOSCAN produit une **ligne lumineuse cohérente homogène** sur 400 mm.

Source laser : Diode laser stabilisée (530 nm).

Caractéristiques :

• cohérence spatiale élevée puissance ~100 mW

- cohérence spatiale élevée
  • stabilité de puissance
  • faible dérive thermique

Collimation

Le faisceau est collimaté afin d’obtenir un diamètre stable avant transformation en ligne.

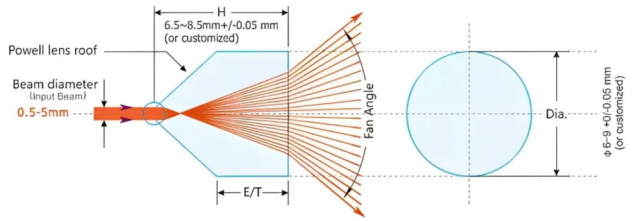
Une bonne collimation est essentielle pour :

- garantir l’uniformité après la lentille Powell,
- assurer une divergence maîtrisée,
- préserver la cohérence spatiale sur toute la largeur utile.

Formation de la ligne lumineuse

Une **lentille Powell** transforme le faisceau circulaire en ligne lumineuse homogène.
Contrairement à une simple lentille cylindrique, la lentille Powell redistribue l'intensité du profil gaussien afin d'obtenir :

• une meilleure uniformité
• une réduction du point chaud central
• une distribution stable de l'énergie (ouverture 65°)
La ligne obtenue est partiellement divergente et dimensionnée pour couvrir la largeur utile après réflexion.



Miroir principal

Un miroir plan (~300 mm) reçoit la ligne lumineuse et la redirige par réflexion vers le plan du film .

Ce miroir remplit plusieurs fonctions :

- Ajustement précis de l'angle d'incidence (25°–40°),
- Compensation des variations de condition de Bragg,
- Adaptation aux différents types d'hologrammes.

Il constitue un élément central du réglage géométrique du système.

Incidence contrôlée

La duplication holographique ne dépend pas uniquement de la puissance lumineuse.
La géométrie d'incidence joue un rôle fondamental dans la fidélité de reproduction.

L'angle d'incidence sur le plan du film est réglable.

Un angle nominal central d'environ 32,5° permet :

- une configuration équilibrée,
- une marge de réglage vers 25° et 40°
- La compensation des modifications d'émulsion (swelling)

  La plateforme HOLOSCAN intègre une architecture permettant un réglage angulaire précis, afin d'assurer la correspondance optimale avec la condition de Bragg de l'hologramme à copier.

Inclinaison du châssis porte-verres

En complément du réglage du miroir, le châssis porte-verres peut être incliné légèrement.

Cette possibilité permet :

- d’atteindre certaines configurations extrêmes,
- de compenser des variations importantes dues au swelling,
- d’optimiser la reconstruction sans modifier l’ensemble optique.

Transmission vs Réflexion

Pour les hologrammes de type transmission, un miroir placé sous la plaque permet de convertir la géométrie en réflexion.

Cette adaptation :

- conserve la structure du système,
- maintient la cohérence de la trajectoire optique,
- évite la nécessité d’un second banc optique dédié.

Optimisation globale

Le réglage combiné :

- rotation du miroir,
- translation latérale,
- inclinaison du châssis,

permet une optimisation fine du système.

Cette flexibilité est essentielle pour :

- traiter des hologrammes réalisés à différentes époques,
- compenser des variations de support,
- garantir une duplication fidèle.

La plateforme HOLOSCAN constitue un système adaptable aux conditions spécifiques de chaque hologramme.

6 — DOUBLE RÉGIME D’EXPLOITATION

HOLOSCAN fonctionne selon **deux régimes physiques distincts**.
Ce principe unifié permet à HOLOSCAN de fonctionner comme une plateforme polyvalente plutôt qu’un dispositif mono-usage.

Ces deux régimes imposent des stratégies d’exposition radicalement différentes.

Mode argentique

• dose faible
• vitesse élevée
• faible contrainte thermique, la largeur de ligne n’influence pas la dose.

Supports compatibles :

• AGFA 8E56HD • AGFA 8E75HD
• VRP-M (Geola) • PFG-03C (Geola)
• U08 (Ultimate) • U04 (Ultimate)

Exposition typique :

• largeur ligne : 6–10 mm
• vitesse de balayage : 50 mm/s à >100 mm/s
• exposition complète d’un format 400 x 300 mm en quelques secondes

---

Mode photopolymère (HX200)

Contraintes principales :

• dose ≈ 30 mJ/cm²

• sensibilité réelle variable selon couleur
• densité de puissance limitée 0,7 mW/cm² à 1,0 mW/cm²
Au-delà de ce seuil :

- apparition de zones de mouvement thermique,
- défauts de modulation, dégradation de la qualité holographique.
- sensibilité thermique

Configuration typique :

• largeur ligne ≈ 20–25 mm

- Puissance laser : ajustée ou pleine puissance
- vitesse ≈ 1 mm/s
- exposition complète d’un format 400 x 300 mm plusieurs minutes

7 — ARCHITECTURE MÉCANIQUE ET STABILITÉ

La performance optique dépend directement de la stabilité mécanique.

Structure principale

• table technique dédiée 1400x800 mm
• châssis structure aluminium
• architecture portique optique 40 × 40 mm

Stage linéaire motorisé

• course utile: 450 mm
• déplacement : axe X
• plateau mobile porte-verres

Châssis porte-verres

Plaques :

• format 450 × 350 mm
• épaisseur 5 mm
• option verre borosilicate (dielectric ARC layers)

Contraintes de stabilité

Mode argentique :

• tolérance standard

Mode photopolymère :

• stabilité vibratoire élevée
• contrôle thermique critique

8 — EXOTHERMICITÉ

Gestion thermique

Le photopolymère impose une limite :

≈ 1 mW/cm²

Au-delà :

• mouvements thermiques
• défauts de modulation
• baisse d’efficacité holographique

Solutions adoptées :

• ligne élargie
• sandwich verre
• dissipation thermique

---

9 — APPLICATIONS ET USAGES

HOLOSCAN permet concrètement :

• duplication d’hologrammes rares
• création d’archives de sauvegarde
• production de matrices maîtres
• reproduction d’œuvres
• expérimentation scientifique
• création d’holographie couleur

Le système constitue :

• un outil patrimonial
• une plateforme de recherche
• un instrument artistique.

---

10 — ÉTAT D’AVANCEMENT DU PROJET

Le projet est actuellement en **phase prototype fonctionnel**.

Études réalisées :

• modélisation SolidWorks
• calculs énergétiques
• optimisation configuration géométrique

Composants disponibles :

• Laser OPSL PL530 stabilisé (Single longitudinal mode) de 100mW
• Groupe optique de collimation / lentille Powell
• stage linéaire recalibré + alimentation et contrôleur électronique à recalibrer et programmer
• Écran tactile de commande et contrôle du stage
• Banc technique structure aluminium

Prochaines étapes :

- acquérir les équipements manquants
- assemblage des sous systèmes et alignements optiques
- tests argentiques
- calibration photopolymère.

---

11 — OBJECTIFS DU PROJET

Objectifs principaux :

• préserver et dupliquer les hologrammes
• créer des matrices de sauvegarde
• développer l’holographie couleur analogique
• structurer un pôle de recherche art-science
• transmettre les savoir-faire.

---

12 — CALENDRIER DE DÉVELOPPEMENT

1. Intégration mécanique
2. Intégration et alignement optique
3. Essais et calibrations du dispositif pour films argentiques
4. Validation duplication argentique
5. Essais et calibrations du dispositif pour films photopolymères
6. optimisation automatisations et stabilité du système

ANNEXE A — **DIMENSIONNEMENT ÉNERGÉTIQUE**

Relations fondamentales

On définit les grandeurs suivantes :

- **P** : puissance laser incidente (W)
- **w** : largeur de la ligne lumineuse (cm)
- **L** : longueur utile de la ligne (cm)
- **v** : vitesse de balayage ($cm \cdot s^{-1}$)
- **RP** : densité de puissance surfacique ($W \cdot cm^{-2}$)
- **E** : énergie surfacique requise ($J \cdot cm^{-2}$)
- **t** : temps local d’exposition (s)

Temps local d’exposition

Chaque point du film est exposé pendant le passage de la ligne lumineuse :

$t = w / v$

où :

- **w** est la largeur de la ligne
- **v** la vitesse de balayage.

Densité de puissance surfacique

Si la ligne lumineuse est homogène sur toute sa surface :

$RP = P / (L \times w)$

où :

- **P** est la puissance laser incidente
- **L** la longueur utile de la ligne
- **w** sa largeur.

Énergie surfacique déposée

L’énergie reçue par unité de surface est donnée par :

$E = RP \times t$

En remplaçant **RP** et **t** par leurs expressions :

$E = (P / (L \times w)) \times (w / v)$

Le terme **w** se simplifie :

$E = P / (L \times v)$

Relation de dimensionnement

La relation principale du système devient :

$E = P / (L \times v)$

On peut également l’écrire sous forme de vitesse :

$v = P / (L \times E)$

Résultat

Dans le cas d’une ligne lumineuse uniforme :

$E = P / (L \times v)$

La dose énergétique déposée dépend uniquement :

- de la **puissance laser**
- de la **longueur utile de la ligne**
- de la **vitesse de balayage**

Elle **ne dépend pas de la largeur de ligne**

Conséquence pratique

En mode argentique :

- la largeur de ligne peut être choisie pour des raisons optiques ou mécaniques
- la dose d’exposition est ajustée **uniquement par la vitesse de balayage**.

Exemple numérique (VRP-M – 75 µJ/cm²)

Hypothèses :

- P = 100 mW = 0,1 W
- L = 40 cm (400 mm)
- E = 75 µJ/cm² = 75 × 10^{-6} J/cm²

On cherche la vitesse :

v = P / (L × E)

v = 0,1 / (40 × 75 × 10^{-6})

v = 33 cm/s

Interprétation

Ce résultat montre que :

- Le mode argentique peut fonctionner à vitesse élevée.
- 50 mm/s est très conservateur.
- Le système possède une marge énergétique confortable.

Cela confirme :

✔ Faible contrainte thermique
✔ Rapidité de duplication
✔ Robustesse du régime argentique
