

美を愛する

Atelier Raybaudi - France

# WIDELUX

# LE WIDELUX

Une autre façon de photographier

**Banding, éclairage artificiel, variations de densité et flare**

Cas des appareils panoramiques à objectif rotatif et du Widelux en particulier

JUIN 2026

ÉDITION FRANÇAISE



## Résumé

Cet article analyse les mécanismes par lesquels des bandes de densité, du flare et des variations d'exposition peuvent apparaître avec les appareils panoramiques à objectif rotatif, en particulier le Widelux. Il traite des éclairages de théâtre et de salle de spectacle, des scènes nocturnes, des intérieurs, des éclairages LED, fluorescents, halogènes, HMI ou à décharge, ainsi que des situations extérieures à faible contraste comme les grands ciels, la neige, le désert ou la mer. L'objectif est de distinguer ce qui relève de la lumière, de la mécanique, de l'optique, du film, du développement et de la numérisation, afin de poser un diagnostic fiable avant d'accuser l'appareil.

## Table des matières

1. Le problème : un appareil qui construit l'image dans le temps
  2. Banding : définition, familles et signatures visuelles
  3. Éclairage artificiel : théâtre, spectacle, intérieur, nuit
  4. Pourquoi les LED et les variateurs posent un problème particulier
  5. Banding en lumière naturelle et surfaces uniformes
  6. Banding mécanique : gouverneur, friction, ressort, lubrification
  7. Flare, veiling flare et sources lumineuses intenses
  8. Développement, numérisation et faux diagnostics
  9. Protocoles de test et recommandations pratiques
  10. Conclusion
- Grille de diagnostic rapide
- Bibliographie et sources techniques
- Développements complémentaires et cas pratiques
11. Théâtre et salle de spectacle : analyse détaillée
  12. Intérieurs domestiques, musées, églises, restaurants
  13. Scènes nocturnes et éclairage urbain
  14. Soleil, contre-jour et sources ponctuelles très intenses
  15. Surfaces uniformes : ciel, neige, désert, mer, brouillard
  16. Influence de la vitesse sélectionnée
  17. Comment documenter un défaut
  18. Tableau de recommandations par situation
  19. Synthèse opérationnelle

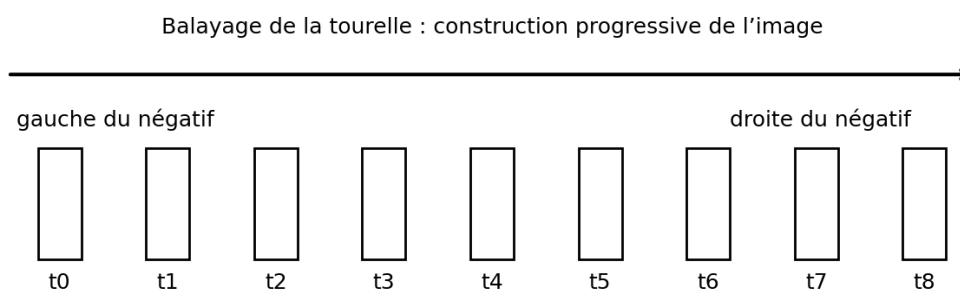
## 1. Le problème : un appareil qui construit l'image dans le temps

Avec un appareil photographique conventionnel, le photographe raisonne spontanément en termes d'instant. Même lorsque l'obturateur focal se déplace devant le film, l'idée générale demeure celle d'une scène enregistrée dans un laps de temps très court et relativement uniforme. Avec un Widelux, cette représentation est insuffisante. L'appareil ne capture pas tout le champ au même moment : la tourelle porte-objectif balaie la scène, et la fente verticale de largeur constante expose successivement les différentes colonnes du film.

Cette propriété est la clef de tout le problème. Si la lumière change pendant le balayage, le film enregistre ce changement sous forme de variations de densité réparties dans le sens du balayage. Si la tourelle accélère ou ralentit localement, le temps d'exposition local change. Si une source intense entre dans le champ ou frappe l'objectif pendant une partie seulement de la rotation, le flare ne se répartit pas comme sur une image instantanée : il se développe pendant une portion du panorama, souvent avec une forme progressive ou asymétrique.

Le banding n'est donc pas un défaut unique. C'est une famille de signatures visuelles. Certaines bandes viennent de l'éclairage, d'autres de la mécanique, d'autres de l'optique, du développement ou du scan. Le diagnostic correct suppose de comprendre à la fois la temporalité de l'appareil et la temporalité de la lumière.

Figure 1 — Construction progressive de l'image par balayage.



## 2. Banding : définition, familles et signatures visuelles

On appellera banding toute variation de densité organisée en bandes ou en zones, visible sur le négatif, le positif ou le fichier numérisé, et qui ne correspond pas à une variation réelle stable de la scène photographiée. Dans le cas d'un Widelux, les bandes liées au balayage apparaissent généralement selon des directions cohérentes avec le déplacement de la fente : elles sont souvent verticales ou quasi verticales dans l'image finale, parce que chaque colonne du négatif correspond à un instant différent.

Il faut distinguer au moins cinq familles. La première est le banding lumineux : la luminance de la source varie pendant le balayage. La seconde est le banding mécanique : la vitesse de la tourelle varie pendant la rotation. La troisième est le banding optique : la transmission effective du système varie avec l'angle, l'incidence ou l'apparition de lumière parasite. La quatrième est le banding photochimique : le film, le développement ou le séchage introduisent une non-uniformité. La cinquième est le banding de numérisation : scanner, appareil de reproduction, éclairage de banc de reproduction ou traitement logiciel produisent une variation qui n'existe pas forcément sur le négatif.

La signature visuelle permet souvent de remonter à la cause. Un éclairage pulsé produit des bandes régulières, dont l'espacement dépend du rapport entre la fréquence de modulation lumineuse et la durée de balayage. Une irrégularité mécanique produit plus volontiers une variation non parfaitement périodique, parfois répétable si elle est liée à un engrenage, parfois aléatoire si elle dépend

d'une friction instable. Un flare produit une baisse de contraste, un voile, des zones lavées, parfois des fantômes, plutôt qu'une simple alternance claire/sombre. Le scanner, lui, produit souvent des bandes parfaitement rectilignes, indépendantes de la scène et parfois présentes à l'identique sur plusieurs images.

### 3. Éclairage artificiel : théâtre, spectacle, intérieur, nuit

Les salles de spectacle constituent l'un des environnements les plus difficiles pour un appareil à objectif rotatif. La scène peut réunir des sources halogènes graduées, des projecteurs LED RGBW, des lyres motorisées, des tubes, des écrans, des projecteurs à décharge, des poursuites et des éclairages d'ambiance, chacun avec sa propre temporalité. À l'œil nu, l'ensemble paraît stable. Pour un appareil qui scanne la scène, il peut au contraire s'agir d'un paysage lumineux en mouvement permanent.

Les lampes à incandescence et les halogènes sont généralement les moins problématiques. Leur filament possède une inertie thermique importante : même alimenté par un courant alternatif ou un gradateur, il ne s'éteint pas instantanément à chaque alternance. La lumière peut onduler, surtout à basse intensité ou avec certains gradateurs, mais la variation est souvent amortie. En pratique, le banding est moins fréquent avec un éclairage tungstène bien alimenté qu'avec des LED fortement modulées.

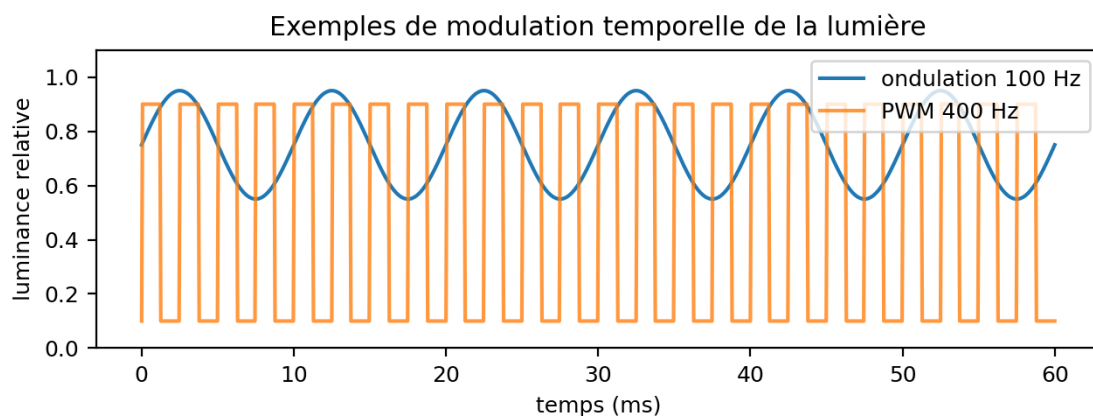
Les tubes fluorescents et certaines lampes à décharge posent un problème différent. Avec des ballasts anciens, la lumière peut fluctuer à la fréquence du secteur ou à deux fois cette fréquence. En Europe, un réseau à 50 Hz peut entraîner une modulation visible autour de 100 Hz ; en Amérique du Nord et dans les pays à 60 Hz, autour de 120 Hz. Les ballasts électroniques élèvent souvent la fréquence, mais ne garantissent pas automatiquement l'absence de modulation pertinente pour la photographie à balayage.

Les LED modernes sont les plus imprévisibles. Une LED répond très vite aux variations de courant. Si son alimentation module le courant par PWM, ou si le driver présente une ondulation résiduelle, la luminance peut varier fortement, parfois entre presque zéro et la pleine puissance, à une fréquence qui peut aller de quelques centaines de hertz à plusieurs dizaines de kilohertz. Les documents techniques sur les artefacts temporels de la lumière distinguent notamment flicker, effet stroboscopique et autres temporal light artefacts ; ces notions sont habituellement étudiées pour la perception humaine, mais elles deviennent également déterminantes pour la photographie à balayage [1][2][3].

En théâtre, le niveau de risque augmente lorsque les projecteurs LED sont fortement dimmés. Beaucoup de systèmes modifient alors le rapport cyclique de la PWM : la lumière est allumée pendant une fraction plus courte de chaque cycle. L'œil intègre cette alternance, mais la fente du Widelux peut en enregistrer la structure. Le risque augmente également avec les changements rapides de scène, les poursuites motorisées, les écrans LED en fond de scène, les murs vidéo, les enseignes et les éclairages décoratifs intégrés au décor.

En scène nocturne urbaine, le problème est analogue mais plus hétérogène. Une rue peut contenir lampadaires sodium haute pression, LED municipales, vitrines, écrans publicitaires, phares automobiles, feux tricolores et enseignes clignotantes. Le banding peut ne concerner qu'une partie de l'image, parce que certaines sources éclairent certaines zones du panorama et pas d'autres. Une façade éclairée par LED peut présenter des bandes alors que le ciel et les zones éclairées par tungstène restent homogènes.

Figure 2 — Modulations lumineuses typiques : ondulation secteur et PWM.



Source	Temporalité typique	Risque Widelux	Remarque
Tungstène / halogène	Ondulation amortie par inertie thermique	Faible à modéré	Risque accru à très basse intensité ou gradateur particulier
Fluorescent ancien	100/120 Hz selon secteur	Modéré à fort	Bandes régulières possibles
HMI / décharge	Dépend ballast	Variable	Ballast flicker-free préférable
LED PWM	Fréquence et profondeur variables	Variable à très fort	Particulièrement critique en théâtre et intérieur
Écrans / murs LED	Balayage et rafraîchissement	Fort	Risque localisé sur l'écran ou la zone éclairée

#### 4. Pourquoi les LED et les variateurs posent un problème particulier

Le cas des LED mérite une attention particulière, car il explique une grande partie des échecs contemporains en intérieur. Une LED n'est pas, en elle-même, nécessairement problématique. Le problème vient du système complet : LED, driver, gradateur, protocole de contrôle, fréquence de modulation, profondeur de modulation et interaction avec le temps de balayage.

La PWM consiste à faire varier la luminosité perçue en allumant et éteignant très vite la LED. À pleine puissance, le rapport cyclique peut être proche de 100 %. À faible intensité, la LED peut rester éteinte une grande partie du cycle. Pour l'œil humain, l'intégration temporelle donne une impression de luminosité réduite. Pour une caméra à haute vitesse, un capteur à rolling shutter ou un appareil panoramique à balayage, cette modulation peut devenir visible.

Le Widelux agit comme un convertisseur espace-temps : ce qui varie dans le temps devient une variation spatiale sur le film. Si la luminance d'une source suit une onde à 100 Hz et que la tourelle met une fraction significative de seconde à balayer le champ, plusieurs cycles lumineux peuvent se projeter sur le négatif. Le nombre de bandes dépend du produit entre la fréquence de modulation et la durée totale de balayage. L'espacement dépend de la vitesse locale de la fente et de l'angle couvert.

Une fréquence élevée ne garantit pas toujours l'absence de problème. Si la modulation est très profonde, ou si elle interagit avec une vitesse de balayage particulière, un résidu peut demeurer perceptible dans les aplats. Inversement, une modulation relativement basse peut être peu visible si elle est faible et si la scène est très texturée. La visibilité dépend autant du contraste de modulation que de la fréquence.

Les projecteurs professionnels de cinéma et certains équipements de spectacle haut de gamme sont conçus pour limiter ces effets. Les fabricants parlent parfois de modes flicker-free ou high-speed, et certains ballasts pour lampes à décharge peuvent fonctionner à des fréquences élevées pour permettre des prises de vues rapides [4]. Mais le terme "flicker-free" doit être interprété avec prudence : il peut signifier confortable pour l'œil humain, acceptable pour une caméra donnée, ou réellement stable dans une plage de fréquences étendue. Pour un Widelux, la seule certitude vient d'un essai dans les conditions réelles.

## 5. Banding en lumière naturelle et surfaces uniformes

Le banding n'est pas réservé à l'éclairage artificiel. De nombreuses images réalisées en plein jour révèlent des variations de densité dans de grands ciels, sur la neige, le sable, les murs clairs, la mer calme, le brouillard ou les surfaces très peu contrastées. Dans ces situations, la cause n'est pas forcément une modulation lumineuse réelle. Elle peut être mécanique, optique, photochimique ou perceptive.

Une surface uniforme agit comme un révélateur. Une variation d'exposition de quelques pourcents, invisible dans une scène riche en détails, devient évidente sur un ciel bleu continu. Le système visuel humain détecte très bien les gradients et les ruptures faibles lorsqu'ils se développent dans un aplat. C'est pourquoi un Widelux peut sembler parfait sur une scène de rue contrastée et révéler immédiatement une irrégularité sur un paysage enneigé.

Les vitesses rapides, en particulier lorsque l'appareil est utilisé à 1/250 s, peuvent rendre certaines irrégularités plus visibles. Le temps d'exposition local étant plus court, la moindre variation de vitesse ou de transmission produit une différence proportionnellement plus perceptible. Une vitesse lente tend à intégrer davantage les petites fluctuations et peut parfois les lisser, mais elle introduit d'autres contraintes : mouvement du sujet, stabilité du photographe, risque de bougé et variation plus longue de la lumière pendant le balayage.

La lumière très homogène est paradoxalement plus exigeante que la lumière complexe. Dans un désert, sur la neige ou face à un grand ciel, l'image ne contient pas assez de structure pour masquer les défauts. Une légère variation de densité due à un gouverneur de vitesses irrégulier, une friction de tourelle, un développement imparfait ou un flare diffus devient immédiatement lisible. Cette remarque est essentielle : le défaut n'apparaît pas nécessairement parce que la scène est difficile à exposer, mais parce qu'elle est difficile à masquer.

Figure 3 — Exemple schématique de banding révélé par un aplat uniforme.

### Banding visible sur surface uniforme : modulation de densité par colonnes



## 6. Banding mécanique : gouverneur, friction, ressort, lubrification

Le banding mécanique provient d'une variation de vitesse de la tourelle pendant le balayage. Sur le Widelux, la largeur de la fente verticale est constante ; le temps d'exposition est déterminé par la vitesse de rotation. Toute variation de cette vitesse se traduit donc par une variation locale d'exposition. Si la tourelle ralentit, la zone correspondante reçoit plus de lumière ; si elle accélère, elle en reçoit moins.

Les causes possibles sont nombreuses : gouverneur des vitesses encrassé, lubrification inadaptée, huile vieillie, poussières, oxydation, ressort fatigué, friction variable dans le train d'engrenages, réglage instable, choc ancien, pièce légèrement déformée. Le mécanisme de régulation doit travailler avec une grande constance. Un excès d'huile peut être aussi nuisible qu'un manque de lubrification, car il modifie la friction et peut migrer vers des zones où le fonctionnement doit rester sec ou presque sec.

La signature du défaut mécanique diffère souvent de celle de l'éclairage. Elle peut se répéter d'une vue à l'autre si elle dépend d'un point dur mécanique. Elle peut varier avec la température si la viscosité d'un lubrifiant est en cause. Elle peut apparaître davantage à une vitesse qu'à une autre si le gouverneur des vitesses travaille différemment selon le régime choisi. Elle peut aussi se manifester sur film en plein jour, loin de toute source pulsée, ce qui permet de l'isoler par un protocole de test.

Une méthode simple consiste à photographier un mur uniformément éclairé, un ciel couvert homogène ou une surface mate, à toutes les vitesses, avec développement soigné et numérisation contrôlée. Si les bandes apparaissent dans des conditions lumineuses continues et se reproduisent selon une position similaire dans le panorama, la cause mécanique devient probable. Si elles n'apparaissent qu'en intérieur LED ou en théâtre, la cause lumineuse est plus probable.

Il faut toutefois éviter les conclusions hâtives. Une image uniforme peut révéler à la fois un défaut mécanique et un défaut de développement. Un scanner peut ajouter ses propres bandes. Une analyse fiable exige donc plusieurs vues, plusieurs vitesses, une source stable et, idéalement, l'examen direct du négatif à la loupe ou sur table lumineuse avant toute numérisation.

## 7. Flare, veiling flare et sources lumineuses intenses

Le flare est l'ensemble des lumières parasites qui atteignent le film sans participer normalement à la formation de l'image. Il peut prendre la forme de taches, de fantômes, d'anneaux, de reflets polygonaux, mais aussi d'un voile général qui réduit le contraste. Les normes et la littérature technique parlent notamment de veiling flare ou de glare pour désigner cette lumière parasite qui ne provient pas du point image correspondant et qui dégrade la qualité de l'image [5].

Sur un appareil à objectif rotatif, le flare présente une particularité : il peut évoluer pendant le balayage. Une source intense ne frappe pas l'objectif de la même manière au début, au milieu et à la fin de la rotation. Le soleil peut être hors champ au début, entrer dans une zone critique, produire un voile ou un reflet, puis disparaître de l'angle sensible. L'image finale peut alors présenter une zone progressivement voilée, un contraste réduit sur une portion du panorama ou une variation de densité qui ressemble à du banding sans en avoir la périodicité.

Le soleil dans le champ est le cas le plus évident, mais le soleil juste hors champ peut être encore plus traître. Une source située en dehors du panorama visible peut frapper la lentille frontale, le bord d'une monture, un filtre, une surface interne ou une protection insuffisante. Le résultat peut être un voile localisé, une perte de contraste ou une zone blanchie qui ne correspond à aucun élément de la scène.

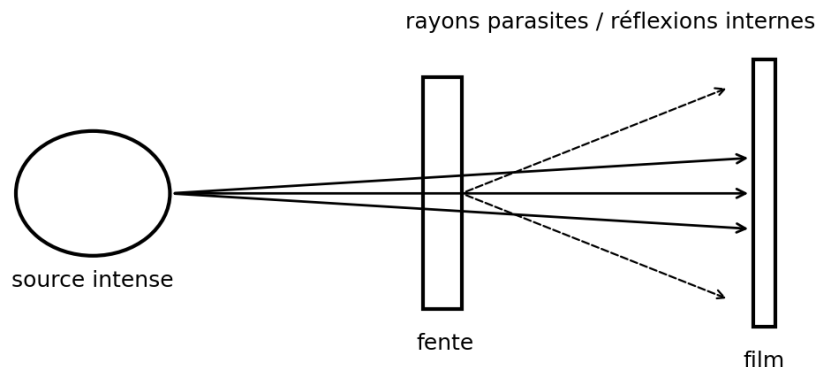
En intérieur, les projecteurs de théâtre, les poursuites, les LED ponctuelles, les tubes apparents, les spots de musée ou les vitrines peuvent produire les mêmes effets. Le Widelux étant souvent utilisé pour embrasser un champ très large, il augmente mécaniquement les chances d'inclure une source critique ou de placer l'objectif dans une configuration défavorable. Plus l'angle couvert est grand, plus il devient difficile de protéger l'optique sans couper le champ.

Il faut distinguer le flare du banding lumineux. Le banding dû à une LED modulée présente généralement une répétition régulière. Le flare produit plutôt une baisse de contraste, une diffusion, une asymétrie, parfois un halo ou un reflet lié à la géométrie de l'objectif. Dans les grands ciels ou sur la neige, le veiling flare peut être particulièrement visible parce qu'il soulève les ombres, écrase les micro-contrastes et donne l'impression d'un développement irrégulier.

Les limites optiques sont ici incontournables. Les traitements antireflets, la propreté des lentilles, l'état des surfaces internes, le noircissement des pièces, la présence de poussières, de micro-rayures ou de voiles anciens influencent fortement la résistance au flare. Un Widelux parfaitement réglé mécaniquement peut produire une image faible si l'optique ou les protections contre la lumière parasite sont dégradées.

Figure 4 — Flare et lumière parasite : importance des angles et des réflexions internes.

## Flare : lumière utile et lumière parasite dans un système à balayage



### 8. Développement, numérisation et faux diagnostics

Un grand nombre de défauts attribués au Widelux ne proviennent pas de l'appareil. Les films panoramiques sont parfois difficiles à développer et à numériser correctement, surtout lorsque l'image contient de grands aplats. Une agitation irrégulière, un révélateur fatigué, une mauvaise circulation chimique, un séchage imparfait ou des traces peuvent produire des variations qui imitent un banding.

La numérisation constitue une autre source majeure de faux diagnostic. Les scanners à plat, scanners dédiés, capteurs linéaires, bancs de reproduction et logiciels d'assemblage ou de correction automatique peuvent introduire leurs propres artefacts. Une correction automatique de contraste appliquée localement, une calibration imparfaite, une poussière sur le capteur, une source LED du scanner non parfaitement stable ou un algorithme de suppression de défauts peuvent créer des bandes ou amplifier celles qui existent déjà.

La règle méthodologique est simple : avant d'accuser l'appareil, il faut examiner le négatif. Si la bande est visible sur le film, elle appartient à la prise de vue, au développement ou au film. Si elle n'apparaît que dans le fichier, il faut suspecter la numérisation. Si elle apparaît sur plusieurs films mais seulement sous certains éclairages, l'éclairage est en cause. Si elle apparaît sur des surfaces uniformes en lumière naturelle stable et se répète à des positions similaires, la mécanique doit être examinée.

Les images prises au Widelux demandent une numérisation particulièrement prudente. Le format allongé, les faibles contrastes dans certaines zones et les variations naturelles de densité peuvent tromper les automatismes. Pour une analyse technique, il est préférable de désactiver les corrections automatiques, de conserver des paramètres constants, de produire des fichiers bruts ou faiblement traités, et de comparer plusieurs vues d'une même série.

### 9. Protocoles de test et recommandations pratiques

Pour évaluer un Widelux, il faut séparer les variables. Le premier test doit se faire avec une lumière aussi continue que possible : ciel couvert homogène, mur mat éclairé naturellement, studio avec source tungstène stable ou éclairage continu vérifié. On photographie la même surface à toutes les vitesses. On développe soigneusement. On observe le négatif avant numérisation. Ce test permet de rechercher les défauts mécaniques et optiques de base.

Le second test consiste à provoquer volontairement le banding lumineux. Une LED domestique, un écran, une rampe LED dimmée ou une source PWM peut servir de révélateur. On photographie une surface éclairée par cette source à différentes vitesses. Si des bandes apparaissent, leur forme renseigne sur l'interaction entre la modulation lumineuse et le balayage. Ce test ne prouve pas que l'appareil est défectueux ; il montre seulement que la source n'est pas temporellement continue.

Le troisième test concerne le flare. On photographie une scène uniforme avec une source intense placée successivement dans le champ, au bord du champ, puis hors champ mais proche de l'axe. On observe les zones de voile, les pertes de contraste et les reflets. Ce test permet d'évaluer l'état optique, les protections contre la lumière parasite et la sensibilité du système aux angles critiques.

En théâtre ou salle de spectacle, la meilleure recommandation est de réaliser des essais avant l'événement. Il faut demander si l'éclairage principal est halogène, LED, HMI ou mixte ; observer les projecteurs fortement dimmés ; se méfier des murs LED et écrans ; privilégier, lorsque c'est possible, les vitesses qui donnent le meilleur compromis entre mouvement du sujet et intégration des fluctuations lumineuses. Les vitesses lentes peuvent parfois lisser certaines variations, mais elles augmentent la durée totale pendant laquelle la scène peut changer. Les vitesses rapides réduisent le temps local d'exposition, mais peuvent rendre plus visibles certaines modulations et irrégularités.

En extérieur, il faut se méfier des grands aplats. Ciel bleu, neige, sable, brouillard et mer calme sont d'excellents tests mais de mauvais masques. Ils révéleront ce que la texture d'une rue ou d'une forêt dissimule. Face au soleil, il faut considérer non seulement ce qui est dans le cadre, mais aussi ce qui éclaire l'objectif pendant la rotation. L'usage de filtres doit être prudent : une surface optique supplémentaire peut ajouter des reflets, notamment avec une source intense.

La conservation et l'entretien jouent un rôle direct. Un Widelux dont la mécanique est propre, dont le gouverneur des vitesses travaille régulièrement, dont les surfaces internes sont bien noircies et dont l'optique est claire aura moins de risques de produire des défauts interprétables comme du banding ou du flare. À l'inverse, un appareil longtemps inutilisé, lubrifié sans discernement ou nettoyé avec des produits inadaptés peut devenir imprévisible.

## 10. Conclusion

Le banding et le flare ne doivent pas être considérés comme de simples défauts accidentels. Avec un appareil panoramique à objectif rotatif, ils révèlent la rencontre entre un mécanisme temporel, une lumière elle-même parfois temporelle, une optique soumise à des angles extrêmes et un support photographique sensible aux faibles variations.

La difficulté vient du fait que plusieurs causes peuvent produire des effets visuellement proches. Une bande peut provenir d'une LED, d'un gouverneur irrégulier, d'un développement imparfait ou d'un scanner. Un voile peut provenir du soleil, d'un spot hors champ, d'un filtre, d'une lentille marquée ou d'une surface interne insuffisamment noire. Le diagnostic ne peut donc pas reposer sur une seule image.

Le Widelux ne pardonne pas les approximations, mais il ne crée pas non plus des mystères insolubles. Lorsqu'on analyse séparément la lumière, la mécanique, l'optique, le film et la numérisation, les phénomènes deviennent compréhensibles. C'est cette compréhension qui permet de distinguer un défaut réel d'un comportement normal, une limite physique d'un problème de restauration, et une contrainte technique d'une possibilité esthétique.

Dans certains cas, il faudra éviter le banding. Dans d'autres, il faudra l'accepter comme la trace visible d'une lumière qui varie. Le Widelux ne photographie pas seulement un espace panoramique : il révèle aussi la structure temporelle du monde lumineux qui l'entoure.

### Grille de diagnostic rapide

Observation	Cause probable	Vérification
Bandes régulières seulement sous LED ou fluorescent	Éclairage pulsé	Refaire test en lumière naturelle continue
Bandes visibles sur ciel ou mur, répétables à même position	Mécanique / vitesse de tourelle	Tester toutes les vitesses sur surface uniforme
Voile progressif près d'une source intense	Flare / lumière parasite	Reprendre avec source masquée ou hors axe
Bandes absentes du négatif mais présentes au fichier	Numérisation	Changer scanner ou désactiver corrections auto
Variation diffuse dans neige, sable, brouillard	Faible contraste révélateur	Comparer négatif, scan et autre scène texturée

### Bibliographie et sources techniques

- [1] CIE, Guidance on the Measurement of Temporal Light Modulation of Light Sources and Lighting Systems, Technical Note TN 006.
- [2] IEEE Std 1789-2015, Recommended Practices for Modulating Current in High-Brightness LEDs for Mitigating Health Risks to Viewers.
- [3] LightingEurope, Position Paper on Flicker and Stroboscopic Effect (Temporal Light Artefacts), 2016.
- [4] ARRI, High Speed Range Ballasts: technical description of high-frequency ballasts for flicker-free high-speed imaging.
- [5] ISO 18844 / Image Engineering, flare / veiling flare as unwanted light in an image not originating from the related scene object.
- [6] Wilkins, A. et al., LED lighting flicker and potential health concerns, IEEE PAR1789 related publication.
- [7] Littérature technique de photographie et d'optique : définitions usuelles de lens flare, ghost flare, veiling flare et rôle des traitements antireflets.

## Développements complémentaires et cas pratiques

Les sections précédentes posent les mécanismes généraux. Les développements qui suivent approfondissent les situations les plus souvent rencontrées sur le terrain. Ils sont volontairement pratiques : l'objectif n'est pas seulement de savoir qu'un phénomène peut exister, mais de savoir le reconnaître, l'anticiper et éviter de le confondre avec un défaut de l'appareil.

### 11. Théâtre et salle de spectacle : analyse détaillée

Le théâtre est probablement l'environnement le plus instructif pour comprendre le banding avec un Widelux. Il réunit presque tous les facteurs de risque : lumière artificielle, gradation, sources multiples, surfaces sombres, zones très lumineuses, projecteurs ponctuels, mouvements de scène et variations rapides d'intensité. Une photographie prise dans une salle de spectacle n'est jamais seulement une photographie de l'espace ; c'est aussi l'enregistrement de la manière dont l'éclairage évolue pendant le balayage de la tourelle.

Dans un théâtre traditionnel équipé principalement en tungstène ou en halogène, le risque est relativement limité. La lampe à filament possède une inertie thermique. Lorsque le courant varie, la température du filament ne suit pas instantanément ; la lumière décroît et croît de manière amortie. C'est pourquoi les anciens éclairages de scène, même pilotés par gradateur, produisent souvent des images plus stables que certains projecteurs LED modernes.

La situation change dès que la scène emploie des projecteurs LED. Les appareils actuels peuvent être excellents, mais ils ne le sont pas tous du point de vue de la modulation temporelle. Certains projecteurs destinés au spectacle utilisent des fréquences PWM élevées et des drivers conçus pour la captation vidéo. D'autres, notamment dans des installations économiques ou anciennes, peuvent présenter une modulation profonde. Le problème est accentué lorsque le projecteur est fortement atténué : la LED émet alors par impulsions plus courtes, ce qui augmente la profondeur de modulation.

Le cas des projecteurs RGB ou RGBW ajoute une difficulté supplémentaire. Une couleur produite par mélange de canaux peut être temporellement stable pour l'œil et pourtant instable pour l'appareil. Si les canaux rouge, vert, bleu et blanc ne sont pas modulés exactement de la même manière, les bandes peuvent devenir non seulement des variations de densité, mais aussi des variations chromatiques sur film couleur ou diapositives. Une zone de scène apparemment uniforme peut alors présenter de subtiles bandes magenta, vertes ou jaunes après numérisation.

Les lyres motorisées et projecteurs asservis introduisent un autre type de variation : le faisceau se déplace. Si un faisceau traverse la scène pendant le balayage du Widelux, il peut apparaître comme une forme déformée, étirée ou discontinuée. Ce phénomène ne doit pas être confondu avec un défaut mécanique. Il est simplement la conséquence du fait que l'appareil enregistre une durée et non un instant.

Les écrans de fond de scène, murs LED, vidéoprojecteurs et panneaux publicitaires sont particulièrement critiques. Ils possèdent leur propre fréquence de rafraîchissement, parfois combinée à une modulation de luminosité. Même si l'éclairage principal de la scène est stable, le mur LED peut produire ses propres bandes, indépendantes du reste de l'image. On peut donc obtenir un panorama dont le décor est bandé, tandis que les acteurs ou l'avant-scène restent corrects.

En pratique, la seule méthode fiable consiste à faire un test avant le spectacle. Un film court, exposé sur les trois vitesses, avec une scène éclairée comme pendant la représentation, fournira plus d'informations que toutes les fiches techniques. Lorsqu'un test n'est pas possible, il faut présumer qu'un éclairage LED dimmé ou un écran constitue un risque.

### 12. Intérieurs domestiques, musées, églises, restaurants

Les intérieurs modernes sont devenus plus difficiles à photographier avec des appareils à balayage qu'ils ne l'étaient il y a trente ans. Les lampes à incandescence ont disparu de nombreux lieux. Elles ont été remplacées par des LED, des tubes compacts, des rubans

lumineux, des alimentations à découpage et des systèmes de variation électroniques. Pour le confort visuel, ces installations peuvent paraître parfaites. Pour le Widelux, elles sont souvent plus ambiguës.

Dans une habitation, le risque dépend fortement du type d'ampoule. Une LED de qualité avec driver à courant constant et faible ondulation peut ne poser aucun problème. Une ampoule économique pilotée par un circuit très simple peut présenter une ondulation profonde à 100 Hz. Si l'on photographie un mur blanc, une cuisine, un plafond clair ou une galerie éclairée par ce type de source, les bandes peuvent apparaître nettement.

Les musées et galeries utilisent souvent des éclairages LED directionnels. Le problème est double. D'une part, les sources peuvent être modulées. D'autre part, les œuvres, vitrines et murs blancs offrent de grandes surfaces peu texturées qui révèlent les variations. Une peinture encadrée sous verre peut également réfléchir une source ponctuelle et provoquer du flare ou des images fantômes.

Les églises et bâtiments historiques présentent souvent des mélanges complexes : lumière naturelle venant de vitraux, projecteurs LED, bougies, halogènes résiduels, éclairage architectural, zones très sombres et surfaces brillantes. Le banding peut être localisé à certaines voûtes ou colonnes uniquement, selon la source qui les éclaire. Le flare peut provenir d'un vitrail très lumineux situé hors de la zone principale du panorama.

Les restaurants, hôtels et lieux événementiels cumulent les sources décoratives. Rubans LED, suspensions dimmées, enseignes, écrans, bougies et reflets sur surfaces vernies peuvent produire un résultat très variable. Il faut se méfier des plafonds clairs et des murs uniformes : ils rendent visibles les fluctuations que la scène elle-même aurait masquées.

### 13. Scènes nocturnes et éclairage urbain

La photographie nocturne au Widelux est séduisante parce que le format panoramique embrasse l'espace urbain avec une puissance particulière. Elle est également risquée. La ville de nuit est un laboratoire de temporalités lumineuses. Chaque source possède son propre comportement : lampadaire LED, sodium, mercure, vitrine, phare automobile, écran publicitaire, feu tricolore, enseigne, gyrophare, panneau de transport.

Les anciennes lampes sodium haute pression ont souvent une modulation liée au secteur, mais leur rendu peut rester relativement régulier selon l'alimentation. Les LED urbaines modernes sont plus variables. Certaines installations municipales utilisent des drivers bien filtrés ; d'autres présentent une modulation perceptible par les capteurs. Les phares automobiles LED, les feux arrière et les clignotants sont fréquemment modulés et peuvent laisser des traces segmentées ou bandées.

Une enseigne lumineuse est un cas typique de banding local. Si elle occupe une portion du panorama, seules les zones qu'elle éclaire ou l'enseigne elle-même peuvent présenter des bandes. Une façade éclairée par une enseigne LED peut donc être affectée alors que le reste de la rue ne l'est pas. Cela donne parfois l'impression d'une panne partielle ou d'un défaut de développement localisé.

Les écrans publicitaires géants et panneaux d'information sont encore plus problématiques. Leur rafraîchissement, leur balayage interne et leur modulation de luminosité peuvent interférer avec la rotation du Widelux. L'image peut montrer des bandes horizontales sur l'écran lui-même, des zones sombres, des décalages de couleur ou une représentation partielle du contenu affiché au moment du balayage.

En ville, il faut aussi distinguer le banding de la simple variation de luminance. Une rue n'est pas uniformément éclairée. Les zones d'ombre, les vitrines, les lampadaires et les reflets créent naturellement des gradients. Le banding problématique est celui qui présente une structure temporelle répétitive ou une discontinuité sans rapport avec l'architecture lumineuse réelle.

### 14. Soleil, contre-jour et sources ponctuelles très intenses

Le soleil est la source de flare la plus redoutable, mais il n'agit pas toujours de manière évidente. Lorsqu'il est dans le champ, le photographe s'attend à des pertes de contraste. Lorsqu'il est juste hors champ, le risque est souvent sous-estimé. Avec un appareil panoramique, l'objectif balaie un angle large : une source peut être hors du champ final visible à un instant donné et néanmoins

frapper l'optique pendant une partie de la rotation.

Le flare dû au soleil peut prendre plusieurs formes. Le veiling flare soulève les noirs et réduit le contraste sur une portion de l'image. Le ghost flare produit des images fantômes liées aux réflexions entre surfaces optiques. La diffusion due à des micro-rayures, poussières, voiles internes ou traitements dégradés crée un halo plus ou moins étendu. Sur un Widelux, ces phénomènes peuvent être localisés dans le temps : ils apparaissent lorsque la géométrie source-objectif-film devient favorable, puis disparaissent lorsque la tourelle poursuit sa course.

Le contre-jour sur neige, sable, mer ou ciel clair est particulièrement exigeant. Ces surfaces renvoient beaucoup de lumière et remplissent le champ de luminance élevée. Le moindre défaut de noircissement interne, le moindre filtre de mauvaise qualité, la moindre trace sur une lentille peut réduire le contraste global. Le photographe peut croire à un problème d'exposition, alors qu'il s'agit d'une perte de contraste par lumière parasite.

Une source ponctuelle artificielle peut se comporter comme un petit soleil. Projecteur de scène, phare automobile, spot architectural, lampe de chantier, poursuite, réflexion spéculaire sur métal ou verre peuvent produire des effets comparables. En intérieur, le problème est parfois plus fort encore, car la source intense est proche et les surfaces environnantes renvoient des reflets multiples.

La prévention repose sur trois principes : éviter autant que possible les sources intenses frappant directement l'optique, maintenir les lentilles et surfaces internes dans un état impeccable, et limiter les surfaces optiques supplémentaires. Un filtre protecteur peut sauver une lentille, mais il peut aussi ajouter deux surfaces réfléchissantes. Dans les situations de flare critique, l'absence de filtre peut parfois donner une image plus propre, à condition que la sécurité de l'objectif soit assurée.

## 15. Surfaces uniformes : ciel, neige, désert, mer, brouillard

Les grandes surfaces uniformes sont les juges les plus sévères d'un appareil panoramique. Elles ne pardonnent ni les variations mécaniques, ni les défauts de développement, ni les imperfections de scan. Un ciel bleu, une pente enneigée, une plage de sable, une mer calme ou un brouillard uniforme peuvent révéler des défauts invisibles dans une scène de rue.

Le ciel bleu est un cas classique. Sa luminance peut sembler uniforme, mais elle ne l'est jamais totalement : polarisation, gradient solaire, diffusion atmosphérique et vignettage naturel contribuent à une variation réelle. À cette variation s'ajoutent les éventuels défauts du système. Le photographe doit donc distinguer un gradient naturel progressif d'une bande anormale. Le gradient naturel suit souvent la position du soleil et la polarisation ; le banding mécanique ou lumineux présente une structure plus régulière ou plus localisée.

La neige est encore plus révélatrice. Elle combine forte luminance, faible texture et réflectance élevée. Elle amplifie le veiling flare et rend visibles les faibles écarts de densité. Un Widelux légèrement irrégulier peut sembler acceptable toute l'année et montrer ses limites sur une piste enneigée par ciel couvert.

Le désert et les plages posent une difficulté proche. Sable et poussières augmentent en outre le risque mécanique : grains fins, frottements, abrasion, contamination des graisses. Une image désertique peut donc cumuler une surface révélatrice et un environnement hostile à la mécanique.

La mer calme, les lacs et le brouillard présentent des dégradés subtils. Le scan peut y introduire des corrections automatiques qui accentuent les défauts. Pour diagnostiquer une bande dans ce type d'image, il est indispensable de revenir au négatif. Un fichier numérique fortement contrasté peut créer une impression de banding à partir d'une variation presque imperceptible sur le film.

## 16. Influence de la vitesse sélectionnée

La vitesse sélectionnée modifie la vitesse de rotation de la tourelle et donc le temps d'exposition local. Elle modifie aussi la manière dont l'appareil échantillonne les variations lumineuses. Une vitesse rapide peut figer plus brutalement une modulation et rendre visibles des alternances qui auraient été partiellement intégrées à vitesse plus lente. Une vitesse lente peut lisser certaines

fluctuations rapides, mais elle augmente la durée globale pendant laquelle la scène peut évoluer.

Il n'existe donc pas de vitesse universellement sûre. Face à une LED PWM, la visibilité dépend du rapport entre la fréquence de modulation, la profondeur de modulation et la vitesse de balayage. Face à un sujet en mouvement, la vitesse rapide réduit certains effets de mouvement local mais conserve la déformation temporelle propre au balayage. Face à un ciel uniforme, une vitesse rapide peut révéler des irrégularités mécaniques faibles.

La vitesse de 1/250 s, lorsqu'elle existe sur le modèle considéré, doit être comprise comme une condition plus exigeante pour la régularité du système. Le temps local étant court, une petite variation relative devient plus visible. Elle peut être excellente pour certains sujets, mais elle ne doit pas être utilisée comme solution automatique contre tous les problèmes. En lumière artificielle pulsée, elle peut au contraire produire des bandes très nettes.

Une approche pratique consiste à choisir la vitesse en fonction du risque dominant. Si le risque principal est le mouvement du sujet, la vitesse rapide peut être utile. Si le risque principal est la modulation d'un éclairage artificiel, il faut tester. Si le risque principal est la révélation de faibles irrégularités sur surface uniforme, une vitesse moyenne ou lente peut parfois donner un rendu plus doux, à condition que la stabilité mécanique soit bonne.

## 17. Comment documenter un défaut

Lorsqu'une image présente du banding ou du flare, il faut documenter les conditions de prise de vue avant toute conclusion. Les informations utiles sont : modèle exact de l'appareil, vitesse sélectionnée, ouverture, film, développement, type de scène, type d'éclairage, présence de LED ou d'écrans, position du soleil, utilisation éventuelle de filtre, conditions de numérisation et corrections logicielles appliquées.

Il faut ensuite comparer. Une seule image ne suffit presque jamais. Trois vues du même sujet à trois vitesses donnent déjà une information précieuse. Une vue en lumière naturelle continue et une vue sous LED permettent de séparer mécanique et éclairage. Une numérisation par deux méthodes différentes permet de repérer les artefacts de scan. L'examen du négatif est prioritaire.

Le diagnostic doit être formulé en probabilité, non en certitude immédiate. On dira : "signature compatible avec un éclairage pulsé", "irrégularité mécanique probable", "flare hors champ vraisemblable", "artefact de scan suspecté". Cette prudence évite de réparer inutilement un appareil qui n'est pas en cause, ou au contraire de laisser passer un problème mécanique réel.

Pour un restaurateur, la documentation systématique des défauts est précieuse. Elle permet de relier l'image à l'état mécanique observé, puis de vérifier après intervention si le comportement a changé. C'est ainsi que l'on transforme une impression photographique en information technique exploitable.

## 18. Tableau de recommandations par situation

Situation	Risque principal	Comportement attendu	Recommandation
Théâtre halogène	Faible modulation, flare projecteurs	Généralement stable, sauf gradation extrême	Essai préalable, surveiller contre-jours
Théâtre LED	PWM, couleurs modulées, murs LED	Bandes régulières ou colorées	Tester chaque vitesse, éviter scènes très dimmées
Rue nocturne	Sources hétérogènes	Banding localisé par zones	Identifier les zones éclairées par LED/écrans
Musée / galerie	LED, vitrines, murs clairs	Bandes et reflets	Désactiver filtres si possible, éviter sources dans l'axe
Ciel bleu	Gradient naturel + défauts faibles	Bandes visibles si mécanique irrégulière	Comparer avec ciel couvert et plusieurs vitesses
Neige	Forte luminance, flare, faible texture	Voile et densités faibles visibles	Protéger optique, vérifier négatif avant scan
Désert / sable	Aplats + poussières	Défauts mécaniques révélés	Nettoyage préventif, éviter contamination
Soleil hors champ	Veiling flare	Voile local ou progressif	Changer l'angle ou masquer la source

## 19. Synthèse opérationnelle

Pour le photographe, la règle principale est de ne pas confondre les limites de la scène avec les défauts de l'appareil. Un Widelux correctement restauré peut produire du banding sous un éclairage LED modulé. Un Widelux mécaniquement irrégulier peut produire des bandes en plein jour sur un ciel uniforme. Un scanner peut créer des défauts qui n'existent pas sur le négatif. Le bon diagnostic repose toujours sur la séparation des causes.

Pour le restaurateur, la priorité est la régularité du balayage et la propreté optique. La fente étant de largeur constante, toute variation d'exposition liée à l'appareil renvoie principalement à la vitesse de rotation effective, aux frottements, au gouverneur, à l'état des surfaces et à la lumière parasite. L'objectif n'est pas de rendre l'appareil "moderne", mais de lui rendre la régularité pour laquelle il a été conçu.

Pour le lecteur ou collectionneur, il faut accepter que certaines images imparfaites ne soient pas des échecs. Le Widelux révèle parfois des phénomènes invisibles à l'œil nu : battement d'une lumière, structure d'un écran, temporalité d'une scène, présence d'un soleil hors champ. La photographie obtenue peut être techniquement problématique, mais elle est aussi un document sur la manière dont la lumière existait dans le temps.