

**6 feux tricolores à LED au banc d'essai****Consommation en baisse**

Texte **Sébastien Mainguet**.  
Photos **Jean-Marie Liot**.

 **Le making of en vidéo**  
[www.voilesetvoiliers.com](http://www.voilesetvoiliers.com)



*Dix fois moins gourmands que les traditionnels feux à incandescence, les six modèles tricolores à LED que nous avons testés en chambre noire avec des instruments de précision se sont avérés plutôt performants. Bien sûr, ils sont plus chers mais il serait dommage de s'en priver.*

**Ci-contre, les six feux de navigation testés sont à installer en tête de mât.**



**L'**affaire est entendue. L'ampoule d'un feu à incandescence, pour une portée de 2 milles, consomme 25 watts, alors que le plus gourmand des feux que nous avons testés ici (modèle Naviled Trio de Hella Marine) ne consomme pas plus de... 3,6 watts, soit sept fois moins. Quant au modèle le plus sobre – celui de Lopolight –, il consomme un peu plus d'1,5 watt, soit seize fois moins qu'une ampoule à incandescence! Les LED ont un autre avantage: elles ont une durée de vie et une résistance mécanique très supérieures aux ampoules précitées. En pratique, pour une utilisation à bord, elles n'auront jamais besoin d'être changées. Une LED (Light Emitting Diode en anglais) ou diode électroluminescente fonctionne plus ou moins de la même manière qu'une cellule photovoltaïque, mais en sens inverse: traversé par un courant électrique, un matériau semi-conducteur produit des photons. Les

LED utilisées pour les feux de navigation sont de deux types: CMS (pour composant monté en surface, c'est-à-dire à la surface du circuit imprimé) ou verticales dites aussi traversantes parce qu'elles traversent le circuit imprimé. Les CMS se présentent sous la forme de petits carrés ou rectangles, alors que les verticales sont incluses dans une sorte de petite ampoule en forme de goutte d'eau.

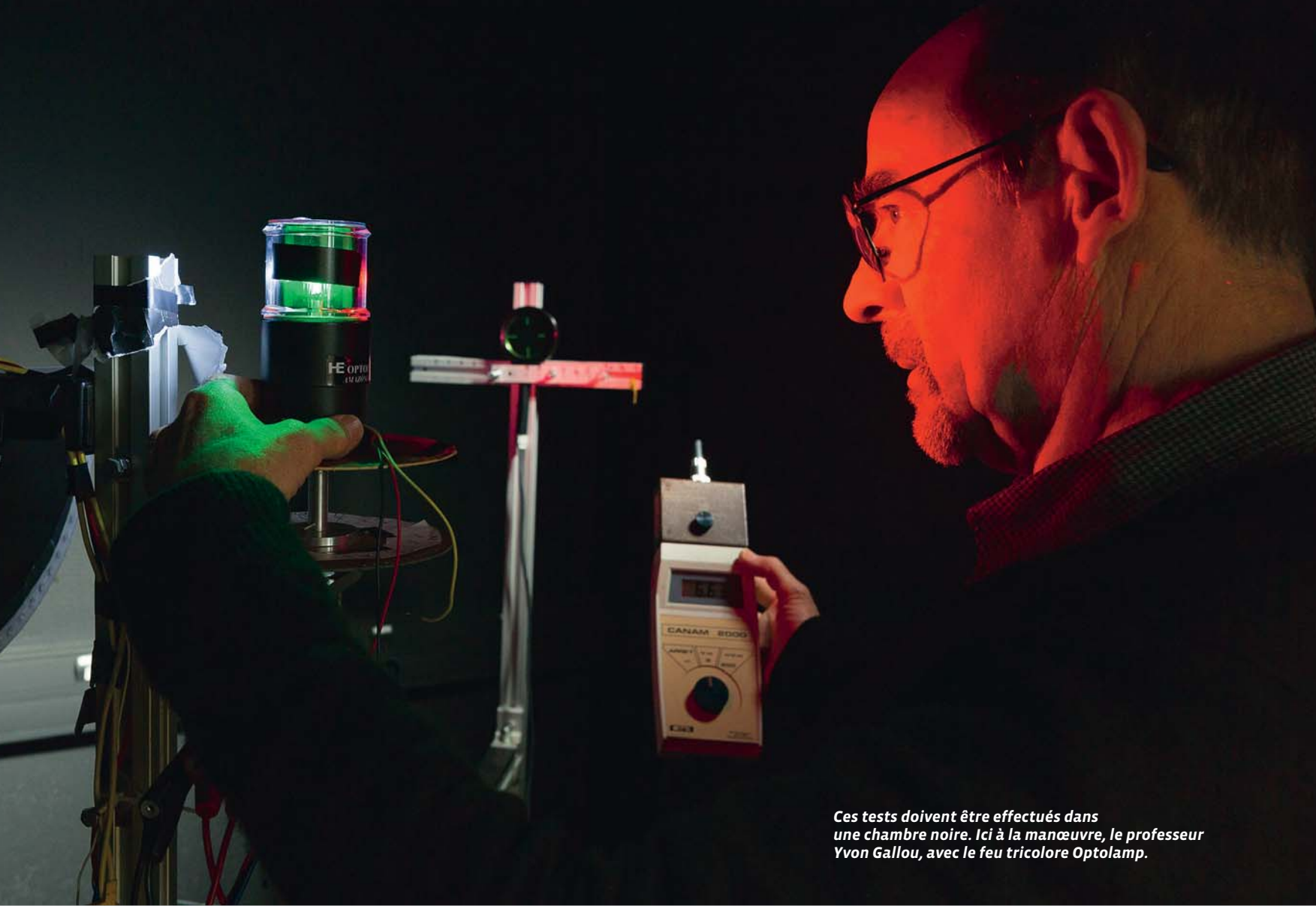
**Un règlement international**

Pour nos tests en laboratoire, nous nous sommes contentés des six modèles tricolores/mouillage les plus courants, à savoir ceux d'Aquasignal (Série 34), de Hella Marine (Naviled Trio), de Lopolight (référence L100-009 pour bateaux jusqu'à 12 mètres) et d'Optolamp (nouveau modèle Amazônia Mirim 4), sans oublier le petit Tiny Tri de Mantagua (très intéressant mais

qui ne convient que pour les bateaux jusqu'à 12 mètres), ni la petite ampoule tricolore Tricombo de Marineled, vraiment étonnante: elle permet de transformer un simple feu de mouillage à incandescence en feu tricolore à LED. Pour ce faire, on enlève l'ampoule à incandescence, on met cette ampoule tricolore à la place et le tour est joué! Il existe bien sûr d'autres fabricants – citons par exemple Ocean Data System, Nasa Marine ou encore Navisafe – et aussi des feux de côté bâbord ou tribord, des feux bicolores bâbord/tribord, des feux de mouillage simples, et des feux de hune. A noter enfin que

selon les textes du Règlement international pour prévenir les abordages en mer (RIPAM) publié par l'Organisation maritime internationale (OMI), les feux de navigation de type bicolore ou tricolore sont réservés aux navires d'une longueur inférieure à 20 mètres. Comme cela est précisé dans notre tableau récapitulatif, ce règlement international pose par ailleurs des exigences dans trois domaines. Tout d'abord, il y a bien sûr l'angle des secteurs lumineux horizontaux – nous allons en reparler parce que c'est une question plus ardue qu'il n'y paraît, si l'on s'intéresse à la transition d'un sec-

**SOUS VOILES, LE FEU DOIT RESTER BIEN VISIBLE QUAND LE BATEAU GÎTE !**



Ces tests doivent être effectués dans une chambre noire. Ici à la manœuvre, le professeur Yvon Gallou, avec le feu tricolore Optolamp.

## ENSTA-Bretagne

# DES AILES POUR LES CARGOS ?

Parmi les quelque 1000 élèves-ingénieurs et 100 enseignants de l'ENSTA-Bretagne (cette école nous a accueillis pour nos tests de feu de navigation), ils sont un certain nombre à travailler sur des projets concernant directement le secteur maritime au sens large. L'école est, par exemple, partenaire de Beyond the sea, une société dirigée par Yves Parlier et dont l'objectif ultime est de mettre au point un système de cerf-volant capable de tracter de grands navires de commerce en utilisant le vol dynamique. Les élèves et professeurs concernés ont ainsi construit un bateau expérimental de 6 mètres, avec pilote automatique, sur lequel ils ont mené des essais plutôt concluants. L'idée a semblé tellement séduisante aux dirigeants de la CMA CGM que la compagnie est elle aussi partenaire du projet. Le but serait de faire voler, au-dessus des cargos, des ailes de 800 à 1600 mètres carrés dont le pilotage serait entièrement automatisé ! Ce n'est pas tout : les pêcheurs de Gaspésie à l'Est du Québec se sont eux aussi impliqués dans le développement de ce système. Deux thèses de doctorat consacrées au projet Beyond the sea ont ainsi été récemment soutenues à l'ENSTA-Bretagne : l'une, signée Nedeleg Bigi, porte sur les limites d'utilisation des navires tractés par kite, et l'autre, de Morgan Behrel, concerne le développement de prototypes, sur un bateau de pêche de 13 mètres et sur le petit bateau expérimental de l'école.



## Ce que dit le Règlement international pour prévenir les abordages en mer

Secteur prescrit: feu de tête de mât ou «feu de hune» (blanc)	225° vers l'avant (à partir de l'arrière, de 67,5° à 292,5°)
Secteur prescrit: feux de côté (rouge et vert)	112,5° vers l'avant (à partir de l'arrière, de 67,5° à 180° pour le rouge et de 180° à 292,5° pour le vert)
Secteur prescrit: feu de poupe (blanc)	135° vers l'arrière (à partir de l'arrière, de 0° à 67,5° puis de 292,5° à 360°)
Secteur prescrit: feu visible sur tout l'horizon ou «feu de mouillage» (blanc)	360°
Portées en milles: navires de moins de 12 mètres	1 mille pour les feux de côté, 2 milles pour les feux de poupe et de tête de mât, 2 milles pour le feu visible sur tout l'horizon
Portées en milles: navires de 12 à 50 mètres	2 milles pour les feux de côté et de poupe, 3 milles ou 5 milles pour le feu de tête de mât (3 milles pour navires de 12 à 20 mètres et 5 milles pour navires de 20 à 50 mètres), 2 milles pour le feu visible sur tout l'horizon
Intensités lumineuses (corrélées à la portée en milles via une formule ad hoc)	0,9 cd pour 1 mille, 4,3 cd pour 2 milles, 12 cd pour 3 milles
Chromaticité – blanc	$x^* : 0,525 - 0,525 - 0,452 - 0,310 - 0,310 - 0,443$ $y^* : 0,382 - 0,440 - 0,440 - 0,348 - 0,283 - 0,382$
Chromaticité – vert	$x : 0,028 - 0,009 - 0,300 - 0,203$ $y : 0,385 - 0,723 - 0,511 - 0,356$
Chromaticité – rouge	$x : 0,680 - 0,660 - 0,735 - 0,721$ $y : 0,320 - 0,320 - 0,265 - 0,259$
Secteurs horizontaux de visibilité: feu de côté vers l'avant	Avoir vers l'avant les intensités minimales requises. Les intensités doivent diminuer jusqu'à devenir pratiquement nulles entre 1 et 3 degrés en dehors des secteurs prescrits.
Secteurs horizontaux de visibilité: feux de poupe, feux de tête de mât, feux de côté à la limite du secteur de visibilité située à 22,5 degrés sur l'arrière du travers	Les intensités minimales requises doivent être maintenues sur l'arc d'horizon des secteurs prescrits par la règle 21, jusqu'à 5 degrés à l'intérieur de ces secteurs. A partir de 5 degrés à l'intérieur des secteurs prescrits, l'intensité peut diminuer à concurrence de 50 % jusqu'aux limites de secteurs prescrites; puis elle doit diminuer constamment jusqu'à devenir pratiquement nulle à 5 degrés au plus en dehors des secteurs prescrits.
Secteurs verticaux de visibilité (cas particulier des navires à voile faisant route)	Au moins l'intensité minimale requise de 5 degrés au-dessus du plan horizontal à 5 degrés au-dessous de ce plan; et au moins 50 % de l'intensité minimale requise de 25 degrés au-dessus du plan horizontal à 25 degrés au-dessous de ce plan.

\*Se reporter au diagramme ci-contre

teur à l'autre. On rappelle qu'il est bien sûr essentiel de vérifier, au moment du montage, que le feu est correctement aligné par rapport à l'axe du bateau. Ensuite, l'intensité lumineuse, qui est liée à la portée demandée. Et enfin, la chromaticité, autrement dit ce qui caractérise les couleurs elles-mêmes (rouge, vert, blanc). Certains organismes de certification peuvent exiger une conformité à des normes plus exigeantes que le RIPAM lui-même, telles que l'EN 14744, norme à laquelle se réfère par exemple le Bureau Veritas et qui définit par exemple des zones de chromaticité plus étroites que celles définies par le RIPAM (la conformité de nos feux avec ces différentes exigences est précisée dans le tableau reprenant les résultats de nos tests).

### Du poids mal placé en tête de mât

Pour ces tests, nous avons fait appel à Yvon Gallou, professeur à l'ENSTA-Bretagne, et à son laboratoire équipé d'une chambre noire et d'instruments permettant de mesurer avec précision l'intensité lumineuse (luxmètre placé à une distance d'un mètre pour relever une valeur en candelas) et la chromaticité (on parle de chromatomètre). Pour l'intensité lumineuse, nous avons pris une première mesure avec le feu à l'horizontale et une autre avec le feu incliné à 25 degrés – logiquement le RIPAM exige, pour les voiliers, que l'intensité lumineuse à 25 degrés reste au moins égale à la moitié de celle exigée à l'horizontale. Nous avons aussi mesuré la consommation de chacun de nos feux. Ils sont tous très sobres par rapport à un feu avec ampoule à incandescence, mais les chiffres relevés vont quand même du simple au double. Ce qui peut avoir son im-

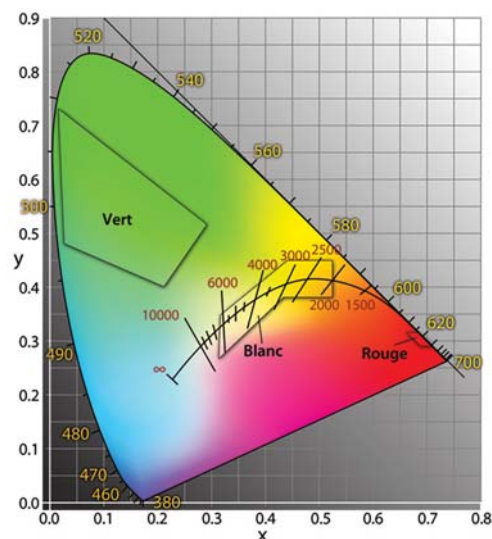
portance pour des petits bateaux de course. Il en va de même pour le poids, puisque là encore les écarts sont significatifs. Ce ne sont que quelques dizaines de grammes de différence, mais en tête de mât ils sont très mal placés!

### A propos des secteurs horizontaux de visibilité

C'est un point très important pour la sécurité! Le RIPAM pose des exigences précises, mais vérifier que les feux les respectent bien est assez complexe et aurait demandé non pas plusieurs heures, mais plusieurs jours. Par conséquent, lors de nos tests, nous avons écarté cette question. On a tout de même fait quelques vérifications visuelles très simples qui nous ont permis de donner une note globale pour la délimitation des secteurs horizontaux, mais il faut considérer ce résultat comme très indicatif. Par ailleurs, en examinant de près la conception du feu, on peut observer la manière dont les secteurs sont cloisonnés, ce qui donne déjà une petite idée du résultat.

En résumé, on rappellera tout d'abord qu'il vaut mieux éviter les ampoules de remplacement à LED blanches pour boîtier à verrine tricolore (voir encadré). Ensuite, lorsque l'on achète un feu ou une ampoule tricolore, on doit examiner la façon dont les secteurs horizontaux sont délimités: il faut au minimum qu'il y ait un cloisonnement interne, et que la source lumineuse soit bien centrée. Pour le reste, dans le tableau qui reprend les résultats de nos tests, on s'intéressera en particulier à l'intensité lumineuse obtenue avec le feu incliné à 25 degrés: c'est un critère important, et à cet égard on a pu noter des différences assez nettes d'un modèle à l'autre. ■

**Toutes les couleurs du spectre visible sont caractérisées par leurs coordonnées dans ce diagramme dit «CIE». Le RIPAM exige que la couleur des feux rouge, vert et blanc soit incluse dans une zone polygonale précise à l'intérieur de ce graphique. Chacun des trois polygones correspondants est représenté ici. La norme EN 14744, à laquelle se réfèrent aujourd'hui les bureaux de certification, est plus exigeante. Les chiffres dans la zone du blanc correspondent à la «température de couleur».**





# 6 FEUX DE NAVIGATION TRICOLORES À LED

FABRICANT	AQUASIGNAL	HELLA MARINE	LOPOLIGHT	MANTAGUA	MARINELED	OPTOLAMP
	Série 34	Naviled Trio	I100-009	Tiny Tri	Tricombo	Amazônia Mirim 4
Modèle						
Type	feu tricolore + mouillage	feu tricolore + mouillage	feu tricolore + mouillage	feu tricolore + mouillage	ampoule tricolore + mouillage	feu tricolore + mouillage
Pour bateau jusqu'à...	20 m	20 m	12 m	12 m	20 m	20 m
Nombre et type de LED	10 CMS, dont 1 rouge, 1 verte et 1 blanche feux de navigation : nc	10 CMS dont 1 rouge, 1 verte et 20 blanches	87 «traversantes» dont 18 vertes, 18 rouges et 51 blanches	14 CMS dont 2 rouges, 2 vertes et 8 blanches	6 CMS dont 1 verte, 1 rouge et 4 blanches	27 verticales dont 4 rouges, 4 vertes et 19 blanches
Intensité rouge (cd)	7,80	6,30	4,40	1,89	7,60	5,80
Intensité vert (cd)	8	8	12,40	3,05	15	19
Intensité blanc (cd)	11	8,40	11,30	11,57	8,80	13,50
Intensité secteur vertical rouge à 25°	7,50	4,95	1,95	2,10	6,20	1,80
Perte entre 0 et 25°	3,85 %	21,43 %	55,68 %	aucune	18,42 %	68,97 %
Intensité secteur vertical vert à 25°	9,00	7,20	2,80	3,30	9	1,90
Perte entre 0 et 25°	aucune	10 %	77,42 %	aucune	40 %	90 %
Intensité secteur vertical blanc à 25°	12	7,60	5,10	10,10	9,60	5,50
Perte entre 0 et 25°	aucune	9,52 %	54,87 %	12,71 %	aucune	59,26 %
Chromaticité - rouge x	0,706	0,694	0,698	0,675	0,702	0,700
Chromaticité - rouge y	0,294	0,305	0,301	0,305	0,298	0,299
Rouge conforme RIPAM	oui	oui	oui	oui	oui	oui
Conforme EN 14744	oui	oui	oui	oui	oui	oui
Chromaticité - vert x	0,114	0,122	0,136	0,143	0,128	0,184
Chromaticité - vert y	0,515	0,552	0,658	0,491	0,586	0,735
Vert conforme RIPAM	oui	oui	oui	oui	oui	non
Conforme EN 14744	oui	oui	oui	oui	oui	non
Chromaticité - blanc x	0,440	0,332	0,354	0,384	0,370	0,264
Chromaticité - blanc y	0,411	0,331	0,376	0,381	0,358	0,258
Blanc conforme RIPAM	oui	oui	oui	oui	oui	non
Conforme EN 14744	oui	oui	oui	oui	oui	non
Délimitation des secteurs horizontaux (1)	***	****	****	***	****	**
Conso (mA - 12 V)	175	305	130	140	170	155
Conso (W)	2,1	3,66	1,56	1,68	2,04	1,86
Poids (g)	455	370	445	65	105	295
Distributeur	Kent Marine	divers	Grément Import	divers	divers	Interdist
NOTE GLOBALE (2)	***	****	***	****	****	**
Prix	230,40 €	324,42 €	439 €	118,80 €	87,20 €	399 €

(1) \*\*Médiocre. \*\*\*Correct. \*\*\*\*Très bon. (2) \*\* Moyen. \*\*\* Bon. \*\*\*\* Très bon.