تمهيد:

إن الأهداف الأساسية لإنجاز مشروع إنارة عمومية بالطاقة الشمسية هي:

- ❖ إستخدام مصدر طاقة نقي، نظيف وغير ناضب.
- ❖ التقليل في التكلفة وتحقيق الاقتصاد.

ومنه خصصنا هذا الفصل لدراسة تجهيزات شبكة الإنارة العمومية سواء كانت بالطريقة التقليدية أو بالطاقة الشمسية، حيث قسمنا هذا الفصل إلى جزأين:

I. دراسة عناصر الإنارة العمومية بالطريقة التقليدية وإظهار خصائصها.
II. دراسة تجهيزات الإنارة بالطاقة الشمسية.

I. دراسة عناصر الإنارة العمومية بالطريقة التقليدية وإظهار خصائصها.

- التجهيزات:

إن أجهزة الإنارة تتكون أساسا من:

- محطة الكهرباء.
- المولد الكهربائي.
- مصدر الضوء.
- عاكس الضوء.
- عمود التثبيت.

1. محطة الكهرباء:

- **محطات التوليد البخارية (الحرارية):**

محطة توليد الطاقة منشأة تنتج الطاقة الكهربائية حيث يتم تحويل الطاقة الحرارية من إحتراق الوقود إلى طاقة حركية، لتشغيل المولد الكهربائي، الذي يعتبر العنصر الرئيسي (تعمل كل عناصر المحطة من أجل تشغيله)[1].

مميزاتها:

- تمتاز المحطات البخارية بكبر حجمها.
- رخص تكاليفها بالنسبة لإمكانياتها الضخمة.

عيوبها:

- تنتج كميات كبيرة من الملوثات، وينتج عنها آثار سلبية كبيرة على البيئة المحيطة كما تتسبب في زيادة الاحتباس الحراري.
- التكلفة التشغيلية مرتفعة.

[1] طرق توليد الطاقة الكهربائية، عباس هشام كاظم، (ص 01).

- تنتج هذه المحطات كميات كبيرة من الطاقة، إلا أنها في الغالب تنشأ قريباً من أماكن تواجد الفحم أو الوقود أو الغاز الطبيعي والذي يكون غالباً بعيداً عن أماكن استهلاك الطاقة الكهربائية، لذا لابد من نقل الطاقة الكهربائية المنتجة إلى مسافات بعيدة.

2. المولد الكهربائي:

هو جهاز ميكانيكي، يحول الطاقة الحركية إلى طاقة كهربائية بوجود مجال مغناطيسي، ويعمل المولد الكهربائي على مبدأ ألحت الكهرومغناطيسي وهو الأساس في توليد التيار الحتي.

آلية عمل المولد:

المولد الكهربائي مؤلف من عضو دوار مربوط مباشرة مع محور التوربين، وعضو ثابت، يلف العضوين بالأسلاك النحاسية المعزولة لتنقل الحقل المغناطيسي الدوار وتحوله إلى تيار ثابت على أطراف العضو الثابت، ويختلف شكل المولد بإختلاف المحطة[1].

2. مصدر الضوء:

مصدر الضوء يتكون من مصباح مزود بتيار كهربائي، والمصادر الضوئية المستعملة في الإنارة تنقسم إلى ثلاثة أصناف: المصابيح المتوهجة، المصابيح ذات التفريغ الغازي ومصابيح الصمام الثنائي الباعث للضوء (LED)[2].

[1] نفس المرجع السابق (ص 03).

* العضو الثابت: الجزء الثابت في الآلة الكهربائية.

* العضو الدوار: الجزء الدوار في الآلة الكهربائية.

[2] Guillaume Faure, **Diagnostic des réseaux d'éclairage public**, mémoire présenté en vue d'obtenir le Diplôme D'ingénieur CNAM, Conservatoire national des arts et métiers centre régional associe de Rhône-Alpes 2012 (p17).

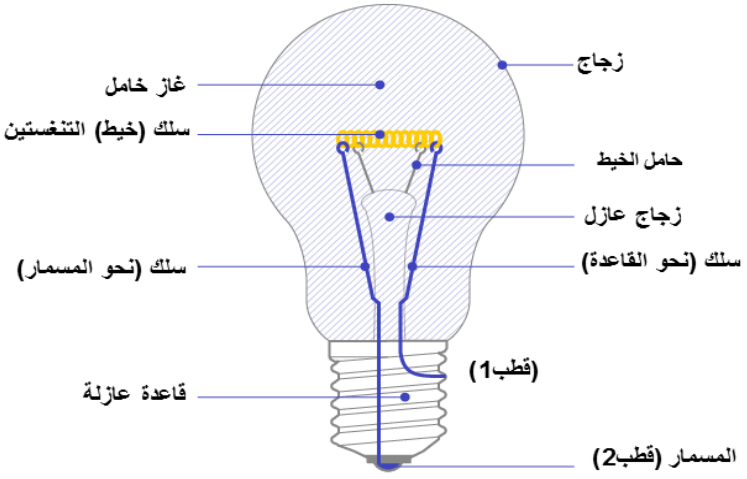
1.2. المصباح المتوهج:

1.1.2. المصباح المتوهج الكلاسيكي(الشائع):

إن مبدأ عمل المصباح المتوهج أو المصباح الوهاج بسيط جدا. فهو يصدر ضوء ساطع ينتج عن توهج "فتيل "وهو سلك خيطي رفيع مفتول مصنوع من مادة التنغستين التي تصل درجة انصهاره إلى 3653 كلفن (3380° درجة مئوية)، يتم تمرير تيار كهربائي فيه لتسخينه ليتوهج عند درجة حرارة عالية. ويتعين لحماية الفتيل المتقد من الأكسدة عند درجة الحرارة العالية أن يتم تغليفه بواسطة غلاف زجاجي يحتوي بداخله على غاز خامل (الأرغون أو الآزوت، ...) أو يتم تفريغ ما بداخل الغلاف الزجاجي من الهواء، حتى يستمر الفتيل في التوهج دون أن يحترق.

أما نوع الغلاف الزجاجي المستعمل فهو يكون حسب ظروف استعمال المصباح، فهناك الزجاج الأغبش (عكس الشفاف) أو الصقيل (الناعم) وهذا نتيجة تفاعلات كيميائية على الزجاج[1].

الصورة رقم (09): المكونات الرئيسية للمصباح المتوهج.



المصدر: Guide de l'éclairage: source et lampe.

[1] Sandra Fiori, OP (414).

محاسن المصباح الوهاج:

- المصابيح الوهاجة الأرخص ثمنا في السوق.
- تظهر الألوان، وتشتغل فورا بأقصى إضاءة.
- تتماشى مع معظم أدوات الإنارة الموجودة.
- لا تتطلب تجهيزات إضافية لتركيبها.
-

مساوئ المصباح الوهاج:

- ليست إقتصادية، وذات مردود ضوئي ضعيف.
- تنتج كمية كبيرة من الحرارة مقارنة بالضوء الناتج.
- لا تدوم كثيرا مقارنة ببعض المصابيح الأخرى (الهالوجين، والمصابيح ذات الإستهلاك الضعيف).

2.1.2. المصباح المتوهج بالهالوجين:

مصباح الهالوجين (lampe halogène)، له نفس مبدأ عمل المصباح العادي إذ يصدر منه ضوء مرئي عند توهج فتيل من التنغستين. ولتفادي التلف السريع لهذا الفتيل فهو محمي بأنبوب زجاجي من الكوارتز (لتحمل درجات الحرارة العالية) كما يحتوي على كمية ضئيلة تحت ضغط عالي من الهالوجين مثل اليود أو البروم. بالإضافة إلى أن مزيج غاز الهالوجين مع شعيرات التنغستين ينتج عنه تفاعل كيميائي داخل دائرة الهالوجين الذي يعيد التنغستين المتبخر مرة أخرى إلى فتيل، مما يزيد في عمره ويحافظ على الصفاء داخل الغطاء.

بسبب هذا، بإمكان مصباح الهالوجين العمل عند درجات حرارة عالية أعلى من المصابيح التقليدية المملوءة بالغاز المستخدمة لنفس مقدار الطاقة ونفس عمر التشغيل[1].

[1] .Guide de l'éclairage, http://leclairage.fr/

الصورة رقم (10): المصباح المتوهج بالهالوجين.

المصدر: ويكيبيديا.

2.2. مصابيح تفريغ الغاز:

بالنسبة لمصباح التفريغ فإن الضوء لا يصدر عن ارتفاع درجة حرارة الفتيل، ولكن من ظاهرة ضوئية مرتبطة بمرور تيار كهربائي عبر غاز (مبدأ الإنارة)، فهذا المصباح عبارة عن أنبوب مفرغ من الهواء ويضم أقطاب معدنية مليئة بالغاز تحت ضغط معين، حيث يتم تمرير تيار كهربائي تصاعدي عبر القطبين وعند بلوغ درجة معينة يحدث توهج ضوئي للغاز بسبب تأين الذرات (ionisation des atomes)، وتنقسم هذه المصابيح إلى نوعين حسب قوة ضغط الغاز الذي تحتويه: مصابيح عالية الضغط وأخرى منخفضة الضغط[1].

إن المصابيح ذات التفريغ الغازي تسمى "ذات المقاومة السلبية"، لأن مقاومة الغاز تنقص كلما زادت شدة التيار، فمن الضروري تنظيم التيار بواسطة جهاز(ثقل) خارجي لتفادي تلف المصباح، ومنه لا يمكن تزويد هذا النوع من المصابيح بالتيار مباشرة بل يكون ذلك عن طريق أجهزة إضافية.

[1] مرجع سبق ذكره http://leclairage.fr/

الصورة (11): المكونات الرئيسية لمصباح التفريغ.

المصدر: www.energieplus-lesite.be .

محاسن ومساوئ مصباح التفريغ:

وهذا النوع من المصابيح يمتاز بالخصائص التالية:

* مردود طاقوي عالي مما يسمح باستهلاك قليل للكهرباء.

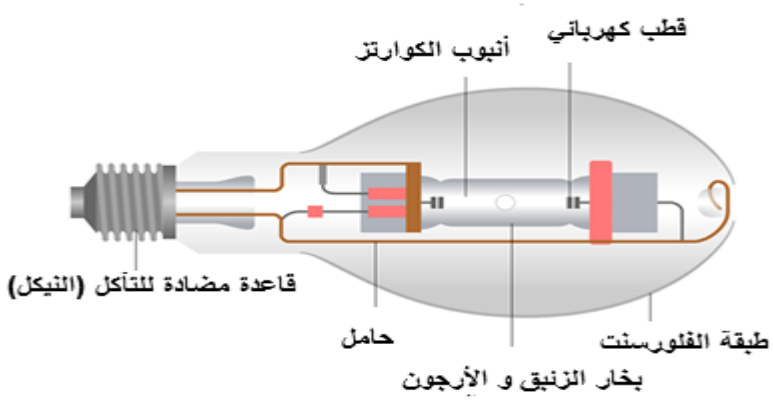
* تعمر طويلا (حوالي 100.000 ساعة) مما يوفر من مصاريف الصيانة.

وبالمقابل فإن ثمنها يعتبر باهظا مع إضاءة ذات نوعية تعتبر غير جيدة.

وتدخل تحت تسمية المصابيح ذات التفريغ الغازي المصابيح التالية:

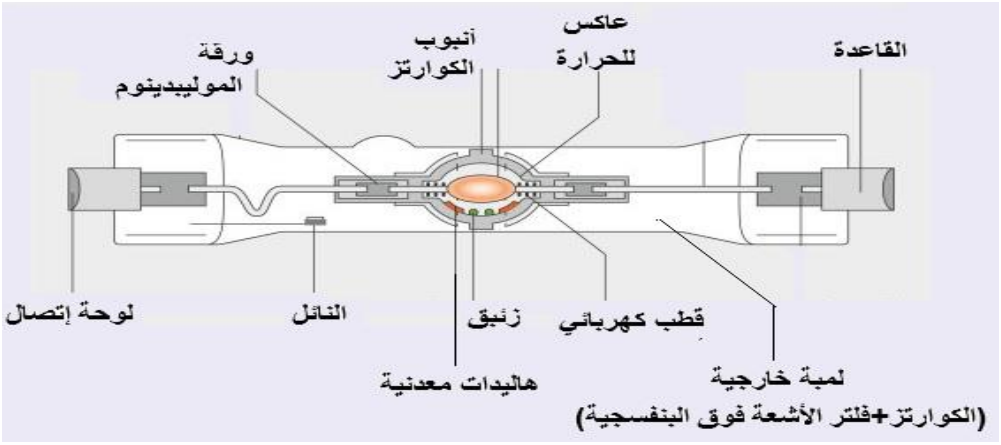
❖ لمصابيح ذات التفريغ من الضغط العالي (مصابيح الصوديوم عالي الضغط، للهالوجينات المعدنية أو الزئبق عالي الضغط) .

الصورة (12): المكونات الرئيسية لمصباح الزئبق عالي الضغط.



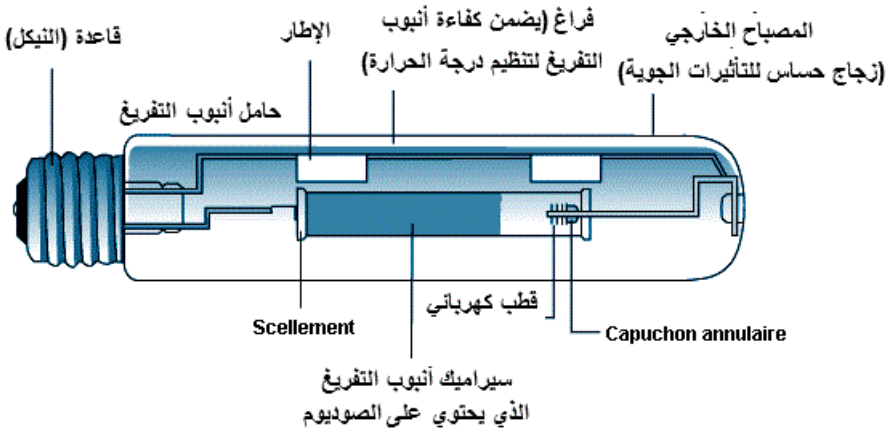
المصدر: www.energieplus-lesite.be .

الصورة (13): المكونات الرئيسية لمصباح الهالوجينات المعدنية.



المصدر : www.energieplus-lesite.be .

الصورة (14): المكونات الرئيسية لمصباح الصوديوم عالي الضغط.



المصدر: www.energieplus-lesite.be.

3.2. الصمام الثنائي الباعث للضوء (LED):

الصمام الثنائي الباعث للضوء (LED)اختراع حديث (1952 لأول صمام ثنائي منتج للضوء المرئي)، وهو عبارة عن نوع من المصابيح الكهربائية حيث تستعمل فيه الثنائيات الباعثة للضوء، وهو عنصر ضوئي الكتروني، لا يسمح بمرور التيار الكهربائي إلا في اتجاه واحد من جهة ومن جهة أخرى يولد الضوء.

إن مصباح (LED) يشتغل بمبدأ التألق الكهروضوئي بحيث أن الضوء ينتج عند مرور التيار الكهربائي بالصمام. والمبدأ هو إحداث نقص جزيء (الكترون) في منطقة (المادة المنشطة نوع P^1) وجزيء فائض في المنطقة الأخرى (المادة المنشطة من نوع N^2)، وعند نقطة التقاء المادتين يتم ملء الفراغات بالتحام الجزيئات وينتج عن ذلك جزيء ضوئي (photon).

الصمام الثنائي الباعث للضوء (LED) يشتغل حسب الخاصية الفيزيائية لأشباه الموصلات التي لها خاصية الإنارة عندما تكون مستقطبة باتجاه مباشر (والألوان الموجودة عادة هي الأحمر، الأصفر، الأخضر والأزرق) كما نجد أيضا مصابيح من هذا النوع ثلاثية الألوان: فهي حمراء عندما تكون مستقطبة في اتجاه المرور

[1] التنشيط من نوع (p): يتجلى في إنتاج نقص في الجزيئات ومنه زيادة في الفراغات التي تكون مشحونة إيجابا.

[2] التنشيط من نوع (N): يتجلى في إنتاج فائض في الجزيئات التي تكون مشحونة سلبا.

وخضراء عندما تكون عكس الاتجاه وصفراء عندما تكون مستقطبة تناوبيا، بيضاء عندما لا تكون مزودة بالتيار.

مصابيح LED تعرض في عبوات بلاستيكية شفافة وهي تشمل عادة عدسات لكي يتم تسليط الضوء بشكل موجه. ومن خلال شكلها الخارجي يمكن التعرف عليها، إذ تتميز بوجود أخدود أسفل العبوة للتعرف على الأقطاب (القطب السالب يكون دائما عند الأخدود وتتميز بسلك قصير عن الموجب)[1].

مزايا مصابيح الصمام الثنائي الباعث للضوء LED[2]:

- اشتعال فوري (عكس المصابيح المشعة).
- توفير للطاقة مع مردود ضوئي جيد. طول العمر الافتراضي لهذه المصابيح (نظريا 50.000 ساعة) كما أن هذه المصابيح لا تتعطل فجأة بل بنقصان مردودها مع الزمن.
- استعمال آمن عند الضغط المنخفض.
- ميزة كبيرة في مجال الأمن مقارنة بالنظم العادية نظرا لنشاطها الضوئي فهي تشتعل وتنطفئ وتصل إلى طاقتها القصوى في زمن قصير جدا.
- حرارة جد منخفضة مقارنة بالمصابيح الوهاجة مع مردود ضوئي أحسن.
- يمكن لهذه المصابيح إصدار مجموعة متنوعة من الألوان بطريقة بسيطة عند استخدامها بتنويع طرق إيصالها بالتيار الكهربائي فقط.
- تنوع كبير في حرارة الألوان:

من 2300 كلفن إلى 3200 يعطينا ضوء أبيض حار.

من 3500 إلى 4500 أبيض حار خفيف.

من 5000 إلى 6000 أبيض عاجي.

من 6500 إلى ما أكبر من 8000 أبيض بارد.

- استغلال طيف واسع من الإضاءة دون اللجوء إلى عاكسات الضوء.

---

[1] مرجع سبق ذكره (ص 18) Guillaume Faure .

[2] المرجع نفسه (ص 85).

نقائص مصابيح الصمام الثنائي الباعث للضوء LED:

- تكلفة عالية.
- المصابيح ذات الضوء الأزرق والأبيض تحتوي على طيف أزرق شديد يشكل خطرا على شبكية العين.
- ضعف في القدرة على إظهار طبيعة الألوان مع تحسن منذ تعديل المصابيح ابتداء من سنة 2009.

3. فوانيس إنارة الشوارع:

الفانوس هو جهاز وظيفته الأولى إضاءة مكان ما، وحسب تعريف الجمعية الفرنسية للإضاءة: الفانوس هو جهاز يستعمل لنشر وتخفيف وتعديل الضوء الصادر عن مصباح أو عدة مصابيح ويحتوي أيضا باستثناء المصابيح كل القطع والمعدات اللازمة لتثبيت وحماية المصابيح، وبالطبع المكونات الخاصة بربط الفانوس بشبكة الكهرباء.

الفانوس الذي يحتوي معدات المصباح يخضع مثله مثل أي جهاز كهربائي إلى مقاييس الحماية المنبثقة عن المواصفة NF C 15-100[1] التي تحدد اختيار الفانوس حسب المؤثرات الخارجية التي تؤثر عليه، وجود الماء أو أجسام صلبة[2].

الفانوس يتكون عموما من:

- الدعامة: تمكن من تثبيت المكونات العديدة للفانوس (عاكس الضوء، فتحات التهوية، القاعدة، ناشر الضوء) وعدة تثبيت الفانوس في السقف أو على الجدار.
- القاعدة: تسمح بتثبيت المعدات الكهربائية داخل الفانوس.
- الزجاج الناشر للضوء: وهو يحمي المصباح من العوامل الخارجية.
- الغطاء: وهو الغلاف الخارجي الذي يضمن الحماية للمكونات الكهربائية.
- عاكس الضوء: يعكس الضوء الصادر عن المصباح ويوجهه حسب الاتجاهات المرغوبة.

[1] **NF C 15-100** : Norme française régissant les installations basse tension

[2] المرجع نفسه (ص 24).

تنقسم الفوانيس إلى عدة أصناف، حيث يمكننا أن نجد الأصناف التالية:

- الفوانيس الوظيفية التي تتطلب خصائص ضوئية محددة وإلزامية.
- الفوانيس المصممة خصيصا للأنفاق والجسور.
- الفوانيس المسلطة المخصصة للفضاءات الكبيرة.
- الفوانيس التجميلية أين يغلب الطابع الجمالي على الخصائص الضوئية.

للفانوس إذن عدة وظائف:

- وظيفة إضائية (توزيع المصدر الضوئي، تخفف الانبهار).
- وظيفة غير إضائية (حماية كهربائية وحركية وحرارية).

1.3. الوظائف الإضائية للفوانيس:

- توزيع الضوء[1]:

إضاءة الفانوس تحدد كيفية انتشار الضوء من المصدر الضوئي إلى الاتجاهات المختلفة للفضاء المضاء. شكل العاكس ووضعية المصباح يمكن أن تعطي عدة أنماط من التوزيع الضوئي ومن أهمها:

- التوزيع المنتشر:

وهو يعطي إضاءة موحدة بزاوية مفتوحة مما يسمح من تباعد أعمدة الإنارة وهذا الانتشار للضوء يمكنه أن يضاعف من تباين الإنارة ويطرح مشكل الانبهار.

الصورة رقم (15): التوزيع المنتشر للضوء.

المصدر: دروس الهندسة الحضرية 2017/2016.

[1] **La distribution lumineuse d'un luminaire**, Université catholique de Louvain ; Département de l'énergie et du bâtiment durable, https://www.energieplus-lesite.be

- التوزيع المكثف:

يركز حزمة أشعة الضوء إلى الأسفل وبزاوية ضيقة وهذا النوع من الإضاءة يمكنه أن يكون مفيدا لإنارة الأماكن العالية أو العمل على الجدران (عدم وجود الانبهار والانعكاسات).

الصورة رقم (16): التوزيع المكثف للضوء.

المصدر: دروس الهندسة الحضرية 2017/2016.

- التوزيع غير المتماثل:

في هذه الحالة الحزمة الضوئية موجهة ومحددة لاتجاه معين، التوزيع غير المتماثل أقل استهلاكا للطاقة ويليق بالأزقة الضيقة ومسارات المشاة زيادة على أنه لا ينتج عنه تلوث ضوئي، كما يستعمل لإظهار عناصر الواجهات مثل: القوالب الزخرفية للمباني.

الصورة رقم (17): التوزيع غير المتماثل للضوء.

المصدر: دروس الهندسة الحضرية 2017/2016.

-الحد من الانبهار[1]:

إن نوعية منشئات الإنارة من ناحية الرؤية والانبهار تحدد بمقياس TI (زيادة الحد) حيث تحسب بالنسب المئوية، كما يجب أن تكون زيادة الحد أقل من القيمة المحددة والتي هي عادة 10 أو 15% حسب نوع الطريق (وهي لا تطاق إذا زادت عن 40%).

- إن واضعي منشآت الإنارة أصبحوا أكثر إدراكا لمفهوم الرفاهية ولهذا قاموا بإيجاد عدة حلول منها تمرير الضوء عبر الحواجز لتحريفه وتشتيته.

[1] Manuel pratique de l'éclairage http://www.zumtobel.com(p14)

- ❖ شبكات تحريف الضوء متكونة من وحدات تحجب مصدر الضوء عن الرؤية المباشرة وتعكس الإضاءة ويمكن لهذه الوحدات أن تحد من الضوء وتقلل من الإضاءة.

- ❖ ناشرات الضوء الملساء: هي عبارة عن ألواح شفافة أو شبه شفافة مصنوعة من الزجاج أو البلاستيك وهي مركبة تحت أو على جوانب الفانوس لتعديل إضاءته.

- ❖ الأحواض الزجاجية لكسر الضوء ليست شفافة تماما وإنما تسمح بحجب جزء من الضوء، ومنه فهي تمكن من إزالة الأشعة الأفقية أو التي تطلق نحو الأعلى وتقوم بتخفيض قوة التدفق الضوئي.

2.3. الوظائف غير الإضائية للفوانيس:

1.2.3.الحماية الكهربائية[1]:

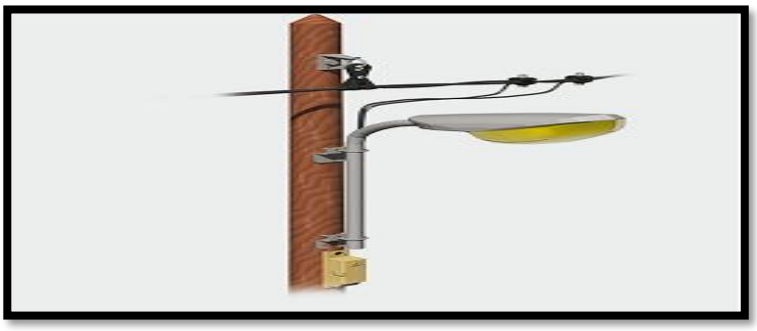
يجب أن تكون الفوانيس منجزة بكيفية تسمح بتوفير حماية تامة ضد اللمس المباشر أو غير المباشر (التشغيل العرضي). إن قوانين تركيب الإنارة العمومية حسب النظم والمعايير الفرنسية NFC 17-200[2] تحدد أصناف الفوانيس التالية:

- **الصنف 0:** وهو الفانوس الذي يعتمد في حمايته ضد الصدمات الكهربائية على العزل فقط ولا يحتوي على أي نظام يمكنه من ربط أجزائه المعدنية بالأرض. فاستعمال هذا النوع من الفوانيس ممنوع في الأماكن التي تسمح بمرور التيار الكهربائي، غير الجافة والتي يمكن الوصول إليها.

[1] ABDELGADER Ahmed, **Eclairage public**, Université de Biskra, 2016/2017

[2] **NF C 17-200** : norme française régissant les installations d'éclairage extérieure.

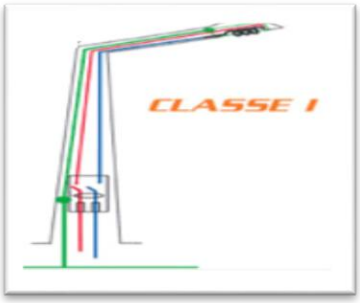
الصورة رقم (18): الإضاءة من الصنف 0.



المصدر: Google Image.

- **الصنف1:** التجهيزات التي لا تعتمد فقط على العزل الأساسي ولكن تحتوي حماية إضافية يمكنها وصل الأجزاء المعدنية التي في المتناول بواصلة أمان بالأرض.

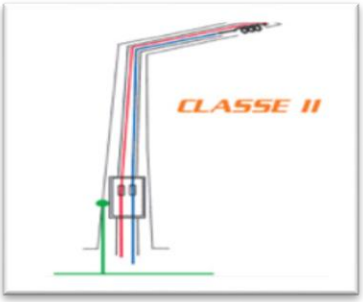
الصورة رقم (19): الإضاءة من الصنف1.



المصدر: Google Image.

- **الصنف2:** التجهيزات التي لا تعتمد فقط على العزل الأساسي ولكن تشمل إجراءات حماية إضافية كالعزل المضاعف. في الصنف 2 المعدات تنجز بطريقة تمنع أي خلل بين الأجزاء الفاعلة والأجزاء التي في المتناول وتجعله غير وارد. الفوانيس من الصنف 2 مدعمة بحماية عزل مزدوج ولا تحتاج وصلها بالأرض.

الصورة رقم (20): الإضاءة من الصنف2.



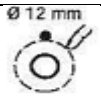
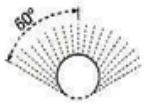
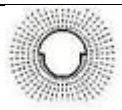
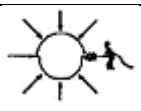
المصدر: Google Image.

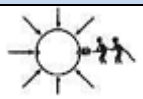
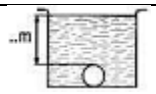
- **الصنف3:** التجهيزات التي تعود الحماية فيها ضد الصدمات الكهربائية إلى استعمال التيار الكهربائي المنخفض الضغط.

2.2.3.الحماية من العوامل الخارجية:

إن درجات الحماية IP الموجودة على الملصقات التي تكون على الأجزاء الكهربائية للفانوس محددة بالمعايير الأوروبية EN 60-529 IP. ودرجة الحماية تتكون من عددين بعد الرمز IP (جدول 1) العدد الأول يدل على حماية الفانوس من الأجسام الصلبة والثاني يدل على الحماية ضد السوائل.

الجدول رقم (01): يوضح مؤشرات الحماية من العوامل الخارجية.

العدد الأول: الحماية ضد الأجسام الصلبة			العدد الثاني: الحماية ضد السوائل		
IP	الاختبار	الخلاصة		الاختبار	الخلاصة
0		لا توجد حماية	0		لا توجد حماية
1		محمي ضد الأجسام الصلبة التي تزيد عن 50 مم. مثال: لمس عرضي باليد	1		محمي ضد السقوط العمودي لقطرات الماء.
2		محمي ضد الأجسام الصلبة التي تزيد عن 12 مم. مثال: إصبع اليد	2		محمي ضد سقوط قطرات الماء بميل يصل إلى 15° عن العمودي
3		محمي ضد الأجسام الصلبة التي تزيد عن 2,5 مم. مثال: أدوات، أسلاك	3		محمي ضد سقوط قطرات الماء بميل يصل إلى 60° عن العمودي
4		محمي ضد الأجسام الصلبة التي تزيد عن 1 مم. مثال: أدوات أو أسلاك	4		محمي ضد سقوط قطرات الماء من كل الجهات
5		محمي ضد الغبار وتراكمه	5		محمي من رش الماء من كل الجهات

العدد الأول: الحماية ضد الأجسام الصلبة			العدد الثاني: الحماية ضد السوائل		
			6		محمي ضد رش الماء كالأمواج
			7		محمي ضد الغمر تحت الماء من 0,15 إلى 1 م
			8		محمي ضد الغمر تحت الماء الممتد وتحت الضغط

المصدر: Guillaume Faure (p24-25)

3.2.4.2. الحماية ضد الصدمات:

إن درجة المقاومة للصدمات في الفوانيس تتمثل بالمعيار IK. حسب المعيار الفرنسي NF EN 50102المتكون من عددين فإن IK يدل على درجة الحماية ضد الصدمات العضوية. (جدول 2)

الجدول رقم (02): عامل الحماية ضد الصدمات "IK".

IK	الاختبار	طاقة الصدمة
00	0	لا توجد حماية
01	150غ – 100 مم	0,15 جول
02	150غ – 133 مم	0,20 جول
03	150غ – 233 مم	0,35 جول
04	250غ – 333 مم	0,50 جول
05	150غ – 485 مم	0,70 جول
06	500غ – 200 مم	1 جول
07	500غ – 400 مم	5 جول

IK	الاختبار	طاقة الصدمة
08	1700غ – 300 مم	5 جول
09	5000غ – 200 مم	10 جول
10	5000غ – 400 مم	20 جول

المصدر: Guillaume Faure (p25-26)

مثال: إن المعيار IK07 يدل على أن الفانوس محمي ضد صدمة تساوي سقوط كتلة وزنها 0,5 كلغ من ارتفاع 40 سم (مما يولد طاقة من 2 جول).

4. الدعامة:

الفوانيس المستعملة للإنارة الخارجية تثبت على دعامات يمكن أن تكون من عدة أنواع: عمود متشعب كالشمعدان، صاري، عمود ..... إلخ.

إن الدعامة هي العنصر المخصص لتركيب فانوس أو أكثر، ودعامات الإضاءة تسمح بوضع الفانوس في أحسن وضعية ممكنة لنشر الضوء في المنطقة المعنية بالإضاءة، كما تضمن السلامة (لا تسمح بملامسة الأسلاك الناقلة).

الدعامة تتعرض لظروف صعبة، إذ يجب أن تتحمل الرياح، التقلبات الجوية، الصدأ وعوامل التدهور. الدعامة مهيئة لتلقي كل اللواحق الكهربائية، فصيانتها يجب أن تكون سهلة، كما لابد أن يكون المظهر الجمالي للدعامات محل إنتباه لأنها تعتبر من عناصر الديكور الحضري.

أنواع الدعامات:

هناك أنواع متعدد من الدعامات وتختلف باختلاف أشكالها وارتفاعها ووضعياتها. فاختيارها يكون حسب: الفضاء المرغوب إنارته، درجة الإضاءة المطلوبة، المسافات الفاصلة بين الدعامات، ونوعية التثبيت.

الصورة رقم (21): أنواع الدعامات.

المصدر: Google Image.

أ) دعامات الشمعدان:

الشمعدان يكون ارتفاعه المتوسط من 3 إلى 6 أمتار ويمكن أن نضع عليه فانوس واحد أو عدة فوانيس ويتكون عادة من عدة أجزاء:

- ✓ الأنبوب.
- ✓ مسطح التثبيت.
- ✓ العصا.

أعمدة الشمعدان من حديد الصلب تشكل النسبة الكبيرة من أعمدة الإنارة العمومية. ونجد مع ذلك أعمدة من الألمنيوم، وحتى من الخرسانة. فالأنواع المعروضة من طرف المصنعين تختلف باختلاف أشكالها ومقاساتها.

ب) الصاري:

الصاري هو عبارة عن أنبوب ويطلق عليه تسمية الصاري لطوله العالي (8 أمتار أو أكثر) حيث تصنع هذه الصواري عادة من الحديد المجلفن (galvanisé)، وهي مخصصة لإنارة الطرقات والفضاءات الكبيرة.

ج) الأعمدة القصيرة:

الدعامات العمودية القصيرة الطول (أقل من 1,5 متر) والتي تحمل أجهزة إنارة تليق لإضاءة الأماكن ذات مساحة صغيرة (عموما خاصة بالمشاة أو المناظر)

د) الفوانيس المثبتة على الواجهات:

فهي دعامة للفوانيس التي تثبت على جدران الواجهات وهذا النوع يكون عادة معدنيا ويشمل هيكل تثبيت على واجهة المباني أو حواف الممرات، تتجلى أهميتها في عدم وجود أعمدة يمكنها أن تعيق الحركة على الأرصفة الضيقة.

5. معايير إنجاز شبكة إنارة عمومية[1]:

من أجل تصميم وإنجاز مشروع إنارة عمومية يجب الأخذ بعين الاعتبار عدة معطيات وسنتطرق إلى أهمها: الخصائص الهندسية للتركيب بالإضافة إلى أنواع التثبيت.

1.5. الخصاص الهندسية للتركيب:

h : ارتفاع المصباح.

e : المسافة بين عمودي الإنارة المتتاليين.

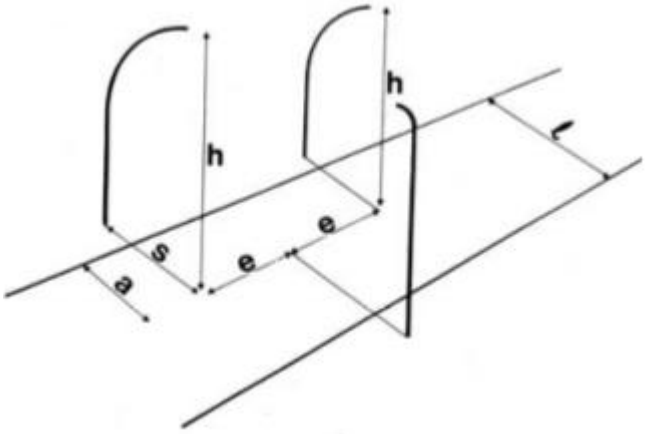
l : عرض الطريق.

S: بعد المصباح بالنسبة لقاعدة العمود.

a: بعد المصباح مقارنة بحافة الطريق.

[1] مرجع سابق Sandra Fiori (p300)

الصورة رقم (22): الخصائص الهندسية لإضاءة الطريق.



المصدر: Sandra Fiori (p300)

2.5. أنواع التثبيت[1]:

من جانب واحد على اليسار أو اليمين: وتستعمل عادة للطرق غير العريضة (من 1 إلى 10 أمتار) أو محفوفة بالأشجار من جانب واحد أو تشكل منعرجا، وفي هذه الحالة تثبت الأعمدة في الجانب الخارجي للمنعرج للتمكن من رؤيته، لضمان إضاءة موحدة يجب أن يكون ارتفاع الفانوس يسمح بإضاءة عرض الطريق بالكامل بحيث: ارتفاع المصباح يعادل أو يفوق عرض الطريق.

على الجانبين بالتقابل أو بالتناوب: ويستعمل للطرقات ذات العرض الهام.

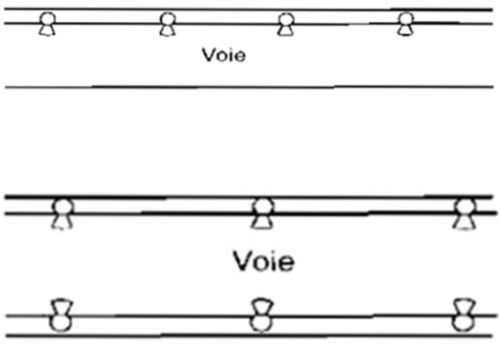
- بالتناوب: ويوضع للطرقات الأكثر انتشارا وذات سير في الاتجاهين، ولضمان إضاءة شاملة وموحدة يجب أن يكون ارتفاع المصباح يعادل أو يفوق ثلثي عرض الطريق.
- بالتقابل: خاص بالطرقات العريضة جدا ولإضاءة موحدة يجب أن يكون ارتفاع المصباح يساوي أو يفوق نصف عرض الطريق.

وسطي (محوري): وهو مخصص للطرقات ذات الممرين التي تشمل حاجز بيني ويستعمل في هذه الحالة عمود حامل لفانوسين.

---

[1] المرجع نفسه Sandra Fiori (p301)

الصورة رقم (23): أنواع التثبيت.



المصدر: دروس الهندسة الحضرية 2017/2016.

II. المبحث الثاني: دراسة تجهيزات الإنارة بالطاقة الشمسية.

الوصف المفصل لمكونات النظام:

1. المورد الشمسي[1]:

يصـدر عن الشـمس إشـعاع كهرومغناطيسـي يتراوح طول موجاته ما بين 0.22 و10 ميكرون (µm).

الطاقة المصاحبة للإشعاع الشمسي ينقسم تقريبا إلى ما يلي:

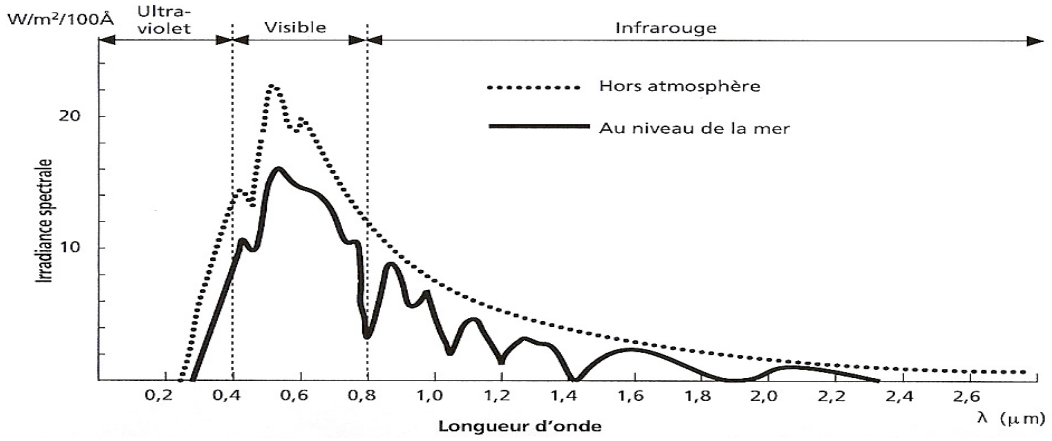
- ~ 9% في مجال الأشعة ما فوق البنفسجية (<0,4µm).
- ~ 47% في مجال الأشعة المرئية (0,4 – 0,8 µm).
- ~ 44% في مجال الأشعة ما تحت الحمراء (<0,4µm).

الغلاف الجوي للأرض يسـتقبل هذا الإشـعاع بقوة تقارب 1.37 كيلوواط للمتر المربع الواحد (kW/m²)، زيادة أو نقصـان بنسـبة 3% حسـب تواجد الأرض عند دورانها حول الشـمس (أقرب/ أبعد). يمتص الغلاف

[1] **Etude de faisabilité du projet d'éclairages public par des lampadaires solaires à Conakry et dans huit (8) autres villes en république de Guinée**, Mission effectuée du 1^{er} au 09 mars 2011, en république de Guinée par : – MM. Christian Hoyobony TOKORO, chargé de projets à ABREC. – Gilles Herman Foka, analyste financier, consultant

الجوي جزءا من هذه الأشـــعة بحيث أن كمية الطاقة التي تصـــل إلى ســـطح الأرض نادرا ما تتجاوز 1.2 كيلوواط/م²، كما أن تأثيرات السـحب والضـباب وجزئيات غبار الجو وبعض الظواهر المناخية من شـدة ونوع الإشعاعات بالزيادة أو النقصان.

الصورة رقم (24): طيف الإشعاع الشمسي.



المصدر : Etude de faisabilité 2011

1.1. الوحدة الكهروضوئية[1]:

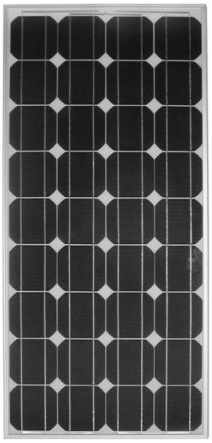
الوحدة الكهروضـوئية (وتسـمى أيضـا اللوح الشـمسـي)، هي مولد كهربائي للتيار المسـتمر، حيث يسـتخدم خلية شـمسـية لتحويل الطاقة الشـمسـية مباشـرة إلى كهرباء، وبمعنى آخر هي جهاز ينتج عنه تيار كهربائي عندما يتعرض إلى ضوء الشمس.

لصناعة الخلايا الكهروضوئية التي تعتبر العناصر أو المكونات الأساسية للوحدة نستخدم "السيليكون".

وهو عبارة عن بلورات شـبه موصـلة تسـاهم في ظهور التيار الكهربائي، وحسـب نوعية إنتاجها فإن الخلية الكهروضـوئية يمكن أن تكون مكونة من بلورة واحدة (أحادي البلور) أو عدة بلورات أصـغر (متعدد البلورات)، ويمكن أن نصفها بأنها صمام ثنائي مسطح حساس للضوء.

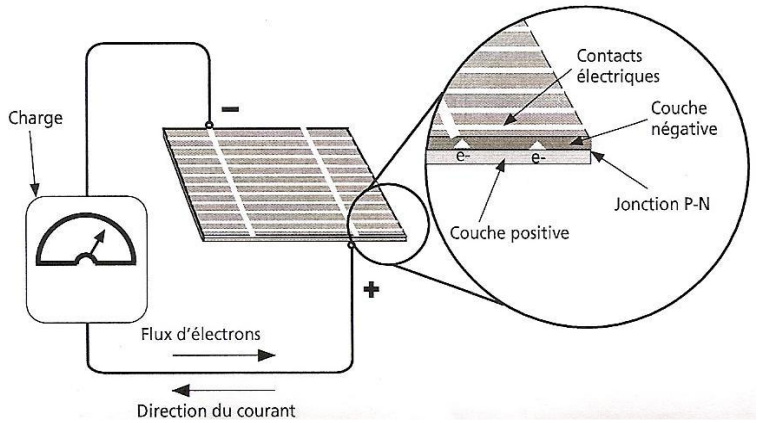
[1] المرجع السابق (ص 36-37).

الصورة رقم (25): وحدة الكهروضوئية الأحادية.



المصدر: Google Image.

الصورة رقم (26): الخلايا الشمسية.



المصدر: Google Image.

الجدول رقم (03): التقنيات الأكثر استعمالا في الإنارة بالألواح الشمسية.

التقنيات	العمر	المردود (%)
سيليكون أحادي البلور	أكثر من 25 سنة	18-16
سيليكون متعدد البلورات	20-15 سنة	15-13

2.1. التقنيات الكهروضوئية في الإنارة[1]:

- السيلكون أحادي البلور:

في البداية كانت الوحدات الكهروضوئية تتكون من خلايا السيلكون أحادي البلورات، والخلايا المصنوعة أصلا من أشباه الموصلات المتكونة من السيلكون أحادي البلور تتميز بمردود أحسن من كل التقنيات الأخرى، وإلى يومنا هذا تبقى الخلايا أحادية البلور دائما متميزة بنسبة مردود تتراوح من 16% إلى 21% ولكنها أيضا باهظة التكاليف عند التصنيع.

- السيلكون متعدد البلورات:

عكس النوع الأول هذه الخلايا تتكون من عدة بلورات ويكون مردودها وتكلفة إنتاجها متواضعة.

[1] المرجع السابق (ص 37).

وهذه التقنية هي الأكثر استعمالا لأنه وعند مقارنة تكلفتها مع مردودها نجدها تنافس السيلكون أحادي البلور، ومنذ عدة عشريات كان ظهور الخلايا متعددة البلورات ذات الفاعلية من 13% إلى 15% دافعا كبيرا لخفض تكاليف إنتاجها.

- السيلكون غير المتبلور:

ومن التقنيات الحديثة المستعملة، السيلكون غير المتبلور والذي لا يتطلب تشكيل معين، مما يمنحه مرونة في التصنيع، فيمكن مثلا استعماله على أسطح مرنة وملائمة لكل أنواع المساحات، حيث أن مردودها يكون أحسن عندما تكون الإضاءة الشمسية ضعيفة ولكنه يبقى أقل نجاعة بنسبة مرتين مقارنة بالسيلكون المبلور.

- خصائص الخلية الكهروضوئية:

طاقة الذروة للوحدة الكهروضوئية هي القوة الكهربائية القصوى التي يمكن توليدها في ظروف نمطية كالآتي:

- ❖ عندما يكون موصولا بشحن كامل.
- ❖ عندما يستقبل من الشمس قوة 1000 واط/م²، مما يعادل تقريبا التعرض العمودي لأشعة الشمس في منتصف النهار من يوم جميل.
- ❖ عندما تكون درجة الحرارة في الوصلات ما بين الخلايا تساوي 25°م.

وتعتبر إذن هذه الظروف المعيارية النمطية نادرة في الواقع.

2. البطاريات:

البطاريات تستعمل لتخزين الطاقة المتولدة عن الوحدات الكهروضوئية، ويتم التخزين كلما كان الطلب على الطاقة غير متزامن مع توفر الطاقة الشمسية، وبالفعل:

- إن الطلب على الطاقة يكون حسب الشحنة التي يجب توفيرها والأجهزة المستعملة ونوع تشغيلها على الدوام أو حسب الحاجة.
- توفر الطاقة الشمسية مرحلي (تعاقب الليل والنهار/ الصيف والشتاء) وظرفي (الظروف المناخية).

وهذا الاختلاف بين الطلب وتوفر الطاقة يتطلب تخزين للكهرباء، والنظام المستعمل عموما للأنظمة الضوئية هي بطارية التخزين الكهروكيميائية.

للبطارية دوران أساسيان ضمن نظام الإنارة الكهروضوئي وهما:

- الاســتقلالية: البطارية تســمح بتلبية احتياجات الاســتهلاك في كل وقت وحتى أثناء الليل أو عندما تكون السماء غائمة.
- اسـتقرار شـدة التيار: البطارية تضـمن توفير شـدة تيار ثابتة مع تفادي التفاوتات في الشـدة المجال الكهروضوئي وتسمح بتشغيل الأجهزة على النمط الأمثل.

البطارية الكهربائية هي عنصـر كهروكيميائي، ويتكون من أقطاب موجبة وأخرى سـالبة مكونة من لدائن مختلفة مغمورة في محلول حمضـــي، وكل هذه المكونات مجمعة داخل حاوية محكمة الإغلاق وبها فتحات للتهوية، للمحافظة على سلامة البطارية يجب إتباع نظم الشحن والتفريغ المطلوبة من المصنع.

1.2. البطارية ذات التفريغ المعمق (ثابتة):

معظم الأنظمة الكهروضـوئية تشمل بطاريات خاصـة لتخزين الطاقة الناتجة عن الألواح الشمسية تحسبا للفترات التي تغيب فيها الشـــمس، هذه البطاريات جُعِلت لإعادة تيار كهربائي ثابت لمدة طويلة مع الحفاظ على إمكانيتها للشحن ولعدة مرات (النوبات) وتسمى البطاريات الثابتة أو ذات التفريغ العميق.

ويوجد في الأســواق أنواع مختلفة من البطاريات الثابتة ذات 2 أو 6 أو 12 فولط وتتباين هذه البطاريات حسـب النوبات التي توفرها وعمق التفريغ المبرمج المسـموح، كما تختلف حسـب هندسـة المكونات الداخلية (ألواح أو قضبان) ونوع المحلول (سائل أو هلام). وفي الأنظمة الكهروضوئية نلجأ عادة لاستعمال البطاريات ذات تفريغ عميق بنسبة 60 إلى 80% خلال 400 نوبة على الأقل.

يتم اختيار البطاريات ذات المحلول السائل إذا كانت عملية صيانتها سهلة، بينما تستعمل البطاريات ذات المحلول الهلامي عندما تكون الأولوية لرفاهية المســتعمل (الوحدات الصـــغيرة) أو الأنظمة التي لا تتطلب صيانة دائمة.

2.2. بطاريات النيكل كادميوم (Nickel):

هذا النوع من البطاريات لا يستعمل إلا نادرا بالرغم من مقاومتها للتغيرات الحرارية، زيادة على خصائصها الكهربائية الخاصة ونسبة تفريغها فهي باهظة الكلفة، وتستعمل عندما تكون تكاليف صيانة المعدات الحساسة أكثر كلفة.

3.2. القدرة:

قدرة البطارية يعبر عنها بالأمبير ساعي (Ah) وهي الكمية من التيار التي يمكن توفيرها في عدد محدد من الساعات، وفي حرارة معينة، وهذه القدرة المفترضة تتغير مع تغير درجة حرارة استعمال البطارية.

القدرة النمطية تحدد عند تفريغ البطارية بتيار دائم لمدة 10 ساعات دون أن تهبط الشدة تحت الحد المطلوب للتفريغ، وحينها تسمى هذه البطارية ذات قدرة C10 ou C/10.

الاستثناء عند استعمال البطاريات الموجهة للاستعمال الكهروضوئي تكون قدرة التفريغ لمدة 100 ساعة، ومنه C100.

تكون هذه المعطيات مفيدة في الحالات التي يتطلب من البطاريات تغطية احتياجات الطاقة لأيام عديدة متتالية.

4.2. التفريغ الذاتي:

نظرا لوجود شوائب في المحاليل الكيميائية المستعملة في صناعة البطاريات، والتقنيات المستعملة والتفاعلات الكيميائية، فالبطاريات تفقد شحنتها حتى وإن لم تستعمل. هذا التفريغ الذاتي يعبر عنه بالنسبة المئوية لضياع القدرة النسبية خلال شهر، بينما تكون هذه الظاهرة قليلة في البطاريات ذات التفريغ العميق مقارنة بباقي أنواع البطاريات.

فالتفريغ الذاتي يكون حسب درجات الحرارة، الشدة وقدم البطاريات، حيث يكون كبيرا عندما تكون البطارية كاملة الشحن وتتغير سريعا مع ارتفاع درجة الحرارة (تتضاعف كل 10° مئوية) وتزداد نسبة التفريغ كلما كانت البطارية أقدم.

5.2. المقاومة الداخلية:

تكون المقاومة الداخلية ضعيفة جدا عندما تكون البطارية في حالة جيدة، وتتغير قيمتها حسب حالة الشحن، درجة الحرارة، وتزيد مع قدم البطارية. تكون المقاومة الداخلية حساسة لظروف الاستعمال ويمكن أن تصبح مزعجة ولا تسمح بشحن البطارية.

3. المنظم:

إن منظم الشـحن والتفريغ هو النظام الإلكتروني آلي التشـغيل الذي يرتبط به اللوح الشـمسـي والبطارية وجميع المعدات المشتغلة بالطاقة الشمسية، مهمته الأساسية هي مراقبة البطارية، إذ يسمح بالشحن الكامل لها تفاديا لأي شـحن زائد عن اللزوم، كما يقوم بقطع التيار عن المعدات المشـتغلة بالطاقة عند نسـبة الأمان إذا وصـل معدل شـحن البطارية إلى مسـتوى متدني، يمنع الإفراغ الكلي لها، يحفظها من التلف ويطيل من عمرها لأنها المكون الأضعف في نظام الإنارة الشمسي.

وفي أبسـط أنواعه، فإن المنظم يحتوي على وظيفة حماية البطارية من الشـحن الزائد والتفريغ المفرط، كما لديه حماية داخلية ذاتية لحمايته وحماية النظام ككل، وهو مجهز بمجس للحرارة، صـــمام ثنائي للحماية من إرتداد التيار الكهربائي ومصـباحي " ليد" على واجهته: الأول يدل على حالة شـحن البطارية والثاني عن حالة إشتغال المحول الكهربائي، إستهلاكهما للطاقة ضعيف جدا.

4. أنواع المصابيح:

تم ذكرها وتعريفها بالتفصيل في النظام السابق.

نظام التحكم في زمن اشتعال الفانوس:

1) مستشعر ضوء النهار:

هذا الجهاز يستعمل خلية كهروضوئية للتحكم في تشغيل جهاز الإضاءة على نمط اشعال/إطفاء أو على نمط تدرج الضوء، وتغيرات الإنارة السائدة المستشعرة من طرف الخلية تتحكم في سير جهاز الاستشعار.

2) جهاز التوقيت:

هو نظام يحتفظ في ذاكرته وضـعية الإطفاء خلال زمن يتحكم فيه ومبرمج مما يجعله يسـمح باشـتعال الفوانيس في أزمنة محددة فقط، مع العلم أن الفوانيس لا توصل بالطاقة إلا في هذه الفترات المحددة.

5. العمود:

- مكونات العمود:

العمود الذي يمكنه حمل فانوس واحد أو عدة فوانيس زيادة على الوحدة الشـــمســـية، البطارية والمعدات الالكترونية يتكون على العموم من عدة قطع:

- الجذع: الجزء الرئيسي أو الوحيد للعمود.
- صفيحة الارتكاز (اختيارية): هذه الصفيحة تضمن التثبيت بين القاعدة والجذع.
- الذراع: وتسمح بإبعاد الفانوس عن العمود ووضعه فوق المنطقة المراد إضاءتها.

- الأنواع المختلفة للأعمدة:

- **أعمدة من الفولاذ:** هي الأعمدة المســتعملة عادة وهذا يعود إلى مقاومتها الجيدة للصــدمات والاهتزاء عندما تكون جيدة التحضير كما يلي:

- حمايتها بطبقة من الطلاء المضـــاد للتآكل من الخارج والداخل حســـب النظم المعمول بها ومن الأفضل في المصنع.

- الغلفنة بالحرارة (وضـــع طبقة واقية من الزنك لمنع الصـــدأ) ويمكن طليها لاحقا شـــرط تنظيفها واستعمال طبقة أولى تسمح برش الطلاء.

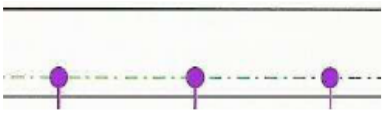
- **أعمدة من الألومنيوم:** وهي جيدة لمقاومة الصـــدأ والتآكل حتى في الأجواء الملوثة ولا تحتاج لأي صيانة، كما يجب احترام بعض الاحتياطات عند وضعها لتفادي ملامستها للخرسانة أو قضبان التثبيت الفولاذية (اسـتعمال واقيات بلاسـتيكية)، انعدام الصـيانة يجعل منها باهظة التكلفة عندما يكون اهتراؤها واضحا.

- **أنواع أخرى من الأعمدة:** توجد هناك أعمدة خرســانية والتي لا تتطلب صــيانة ولكنها تكون ثقيلة وتبقى غير جميلة.

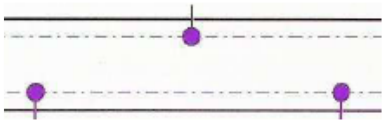
كما تسـتعمل مواد أخرى للأعمدة في حالات خاصـة: الحديد المصـبوب، الخشـب المركب، الألياف الاصطناعية.

6. كيفيات التثبيت:

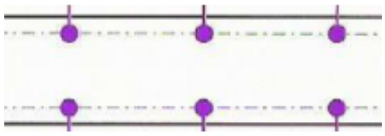
نلاحظ أن هناك عدة طرق لتثبيت الأعمدة تبعا لعرض الطريق وعلو الإنارة:



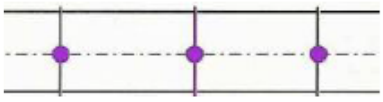
- **تثبيت على جانب واحد:** وينصح به عندما يكون عرض الطريق يقارب أو يقل عن ارتفاع الفانوس.



- **تثبيت على الجانبين بالتناوب:** عندما يكون عرض الطريق أقل بمرة ونصـــف من ارتفاع الفانوس، ويجب الحرص على تفادي تموجات الإنارة وخاصة في المنحنيات.



- **تثبيت على الجانبين بالتقابل:** عندما يكون عرض الطريق أكبر من علو الإنارة بمرة ونصف.



- **تثبيت محوري:** في الحالات التي تكون فيها الطريق ذات مســـارين (اتجاهين) مع حاجز أرضي في الوسط.

خلاصة الفصل:

تطرقنا في هذا الفصل إلى المعدات الخاصة بكل نظام (الإنارة بالطريقة التقليدية، الإنارة بالطاقة الشمسية)، وذلك بذكر خصـائصـها، مميزاتها وعيوبها. ومنه نسـتخلص بأنه يوجد عدة أصـناف وأنواع من المعدات التي تمتاز كل واحدة منها بخصـائص معينة، ويكون إختيارها حسـب الوظائف والأغراض المحددة لمشـروع الإنارة العمومية.