# دور البكتريا الحيوية المضيئة في مستقبل الإضاءة بحيزات العمارة الداخلية

# The role of bioluminescent bacteria in the future of lighting in interior architecture spaces

**م.د/ هديل ماهر حسن محمد القط**

**مدرس العمارة الداخلية – قسم الديكور – كلية الفنون الجميلة – جامعة المنصورة**

**Dr. Hadeel Maher Hassan Mohamed Elkot**

**Lecturer of Interior Architecture - Department of Decoration - Faculty of Fine Arts - Mansoura University**

**hadeelmaher@man.edu.eg**

**الملخص:**

مع تطور العلم فى السنوات الأخيرة ظهرت تقنيات جديدة ومواد مستحدثه يستطيع المهندس المعمارى والمصمم الداخلى الإستفادة منها وتوظيفها فى الهندسة المعمارية والتصميم الداخلى دون المساس بالبيئة. مثال على ذلك يمكن استخدام البكتريا المضيئة كمصدر صديق للبيئة في العمارة الداخلية وكمُكمل للتصميم والعمارة الخارجية للمباني وإشارات الشوارع من خلال توفير الإضاءة في الأماكن التي لا توجد بها كابلات كهربائية، مثل الحدائق والمتنزهات والمنتجعات والقرى والأماكن السياحية المنعزلة والمتاحف وغيرها من الأماكن. يقوم البحث بدراسة مستقبل الإضاءة فى العمارة الداخلية بإستخدام البكتريا الحيوية المضيئة، والتى ستأخذنا إلى معرفة بعض المعلومات عن ظاهرة التلألؤ الحيوي bioluminescent التى تنتج عن البكتريا الحيوية المضيئة بسبب بعض التفاعلات الكيميائية والمسئولة عن التنوع بين اللونين الأساسيين (الأزرق والأخضر) ويرجع السبب فى ذلك إلى ترتيب جزيئات بعض المركبات الداخلية فى هذه البكتريا. ومن هنا نشأت فكرة إستغلال ظاهرة التلألؤ الحيوى في توفير وحدات إضاءة متنوعة بإستخدام هذا النوع من البكتريا لتحقيق مبدأ الإستدامة وهو إستخدام عناصر من البيئة غير قابلة للنضوب كالبكتريا الحيوية والمضيئة والتى ستساهم في تقليل إستهلاك الكهرباء والحد من التلوث، عن طريق تقليل إنبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون إلى الغلاف الجوي والناتج عن الإنبعاثات الدفينة المستخدمة فى الإضاءة التقليدية، فغاز ثانى أكسيد الكربون هو المسئول الأول عن ظاهرة الإحتباس الحرارى، لذا حان الوقت لإستخدام هذه الكائنات الموجودة فى المحيط من حولنا للحفاظ على البيئة وتلبية إحتياجاتنا، وما يشغل تفكير العلماء حاليا وتواجهاتهم هو توظيف الكائنات الحية التي لديها القدرة على التوهج فى توفير وحدات إضاءة غير مستهلكة للطاقة الكهربائية لتحل محل المصابيح التقليدية. ولكن سمة بعض المشاكل التى تتعلق بالكائنات الحية الدقيقة حيث إنها يمكن أن تعيش لمدة يومين أو ثلاثة فقط وذلك نتيجة نفاذ العناصر الغذائية أو تتكاثر كثيرًا بالنسبة للأنبوب التي تعش فيه، فما يشغل تفكير العلماء ووقتهم هو عمل تجارب وإكتشافات جديدة لتوفير المصابيح الحيوية المضيئة للبيئة لتعيش لفترة أطول وتوفير طريقة التغذية المناسبة للبكتريا المضيئة للاستفادة منها أكثر وقت ممكن وبالفعل توصل بعض العلماء إلى إضاءة المصابيح لمده سنه بإستخدام البكتريا الوراثية، ولكن يطمح العلماء في أكثر من ذلك.

**الكلمات المفتاحية:**

البكتريا الحيوية، التلألؤ البيولوجي، التكنولوجيا العضوية، تصميم صديق للبيئة، الطحالب المضيئة.

## Abstract

In recent years, science has provided new technologies and innovative materials that can be employed by designers and artists in the process of creativity and artwork. Sometimes this leads to new discoveries in science and art. For example, bacteria - [1]considering recent scientific developments and studies - have become an environmentally friendly source. It can be used in interior architecture as a complement to the design and exterior architecture of buildings and street signs - in addition to providing lighting in places where there are no electric cables, such as gardens, parks, resorts, villages, secluded tourist places, museums, and other places.

The phenomenon of bioluminescence found in marine ecosystems, from the sea floor to the surface of the ocean, involves a chemical reaction process. Two unique chemicals are responsible for producing bioluminescence: luciferin and luciferase or photosynthetic protein. The difference is due to in the vital color produced by luminous bacteria - the two primary colors (blue and green) - to what results from the arrangement of luciferin molecules.

Consequently, interior architecture designers and architects tended to use bacteria in the elements of various lighting units and sources to contribute to reducing the percentage of pollution. It's time we focus more than ever on other greenhouse gases." And the research continues as scientists seek to accelerate the spread of organisms that can glow. There is still no glow bright enough to replace conventional light bulbs. The microorganism, as it can live for only two or three days before the nutrients run out or multiply too much for the tube, and scientists are doing new experiments and explorations of the possibility of providing bright bioluminescent lamps for the appropriate environment for this and the appropriate feeding method for the luminous bacteria to take advantage of them as much as possible.

## Keywords

Biobacteria, bioluminescence, organic technology, eco-friendly design, algae bioluminescence

### المقدمة:

تسعى التقنيات المبتكرة إلى تقليل ثاني أكسيد الكربون من الغلاف الجوي، لأنه دائمًا محور الاهتمام لكونه مسؤولا عن أكثر من ٦٥٪ من الاحتباس الحراري الناجم عن الغازات الدفيئة، ولطول مدة بقائه في الغلاف الجوي، فقد آن الأوان لكي نركز، أكثر من أي وقت مضى، على التقليل من غازات الاحتباس الحراري الأخرى.

منذ آلاف السنين، لاحظ الرومانيون ظاهرة التلألؤ البيولوجي. في ذلك الوقت، أطلقوا على التلألؤ الحيوي اسم "النار الباردة"، والتي عُرفت فيما بعد باسم "نيران الثعلب".

غالبا ظاهرة التلألؤ البيولوجي تنتج عن بعض الكائنات البحرية كالبكتيريا البحرية المتوهجة، والعوالق، والحبار، والفطريات، وقنديل البحر، والأسماك. مع العلم أن هناك العديد من الكائنات الأرضية لديها القدرة على إضاءة الظلام، يحاول العلماء إيجاد طريقة لتوظيفها في حياتنا اليومية [Badr, & Tannous, 2011; Bader *et al.*, 2016].

## مشكلة البحث

- يؤثر التلوث الضوئي على البشر ونوعية حياتهم واستقرار النظام البيئي [Du *et al.*, 2018]_وفقًا للأدلة العلمية، تتأثر الساعة البيولوجية البشرية عند تعرضها للإضاءة الزائدة في الليل، نتيجة الاستخدام المفرط للمصابيح التقليدية التي تنعكس أشعتها وتنكسر في الهواء.
- اعتبارًا من عام ٢٠٠١، تستهلك الإضاءة المنازلية التقليدية ما يقرب من ٩٪ من الاستهلاك العالمى للكهرباء وحوالي ٤٠٪ من استهلاك الكهرباء لأغراض تجاري مع العلم بأن الطاقة الكهربية باهظة الثمن وتمثل عبء على كلاً من المواطن والدولة [Latz, 2017].
- المصابيح التقليدية ينتج عنها انبعاثات حرارة عالية وتحتاج إلى صيانة مكلفة [Campisi *et al.*, 2017].

## أهمية البحث

- إن استخدام البكتيريا الحيوية المضيئة في الإضاءة أمرا يساهم في تقليل معدل استهلاك غازات الاحتباس الحراري والحفاظ على طبقة الأوزون.
- يبعث التلألؤ البيولوجي "ضوء بارد"؛ ٢٠٪ أقل إنبعاثاً للحرارة من الضوء التقليدى، لذلك لن يساهم فى حدوث أي تلوث ضوئي.
- تساعد الكائنات الحية المضيئة على إلقاء الضوء على مستقبل الإضاءة في حيزات العمارة الداخلية.

## أهداف البحث

- تهدف الدراسة البحثية إلى التعرف على مصادر طاقة متجددة أكثر استدامة وصديقة للبيئة للحد من انبعاثات الغازات والنفايات الضارة، والتي تتمثل في البكتريا الحيوية المضيئة الموجودة في العوالق البحرية، الحبار، الفطريات، قنديل البحر، والأسماك [Latz, 2017].
- يسعى البحث إلى التركيز على الوسائل التي توفر إضاءة طبيعية بديلة تحل محل جزء من الإضاءة التقليدية.
- دراسة الحلول التي تقضى على ظاهرة التلوث الضوئى الذي يؤثر على صحة الانسان ويهدد بالنظم البيئة عند تعرض الأشخاص للإضاءة الزائدة في الليل، من خلال تقليل الطلب على الكهرباء وجعل المتاجر والإعلانات أكثر وضوحًا في الليل.

## فروض البحث

- أن البكتريا الحيوية المضيئة لها دور في مستقبل إضاءة العمارة الداخلية وبيان أثرها في تحسين التصميم والتشكيل، كما أن البكتريا الحيوية المضيئة ستقوم بتوفير المال فى حال أنها حلت محل الإضاءة التقليدية.

## حدود البحث

- **الحدود الموضوعية:** وهي تتمثل في مظاهر دمج البكتريا الحيوية المضيئة في حيزات العمارة الداخلية وتوضيح استخداماتها وكذلك الاستخدامات المعمارية (المنشآت – المحلات – الطرق).
- **الحدود المكانية:** يتناول البحث بالدراسة المعارض المستقبلية والحيزات الافتراضية العالمية التى تستخدم هذه التكنولوجيا.

- **الحدود الزمانية:** يتم تطبيق البحث في مستقبل الإضاءة بحيزات العمارة الداخلية المعاصرة.

**الخطوات الاجرائية للبحث**

## منهجية البحث

**المنهج الوصفي:** تعتمد الدراسة البحثية على المنهج الاستقرائى في جمع وتحليل البيانات، وتتبع الدراسة منهج التحليل الوصفي للاستفادة من البكتريا الحيوية المضيئة لخلق بديل للإضاءة التقليدية في وحدات الإضاءة المعلقة، ووحدات الإضاءة المركزية، وأثاث الشوارع، والواجهات المعمارية، للحد من التلوث الضوئى كما تم ذكرها في مشكلة البحث.

**أولاً: الإطار النظرى للبحث:**

### 1. البكتريا الحيوية المضيئة

البكتيريا الحيوية هي كائنات بحرية منتجة للضوء توجد بكثرة، تعيش منفردة في مياه البحر أو مضيفة على كائن بحرى والتى ترجع إليها الظاهرة المعروفة باسم تأثير "البحار اللبنية" كما هو موضح فى شكل (١). على الرغم من أن العلم لم يكن قادرًا على إثبات أن هناك ما يكفي من البكتيريا لخلق مثل هذا التوهج الطويل، توجد هذه البكتيريا على شكل:

أ. قضبان بحرية تسبح في المياه البحرية الاستوائية ويمكن العثور عليها في الأمعاء الدقيقة للحيوانات البحرية.

تعطي التجمعات الهائلة من هذه البكتيريا ضوءًا ملحوظ فى مساحات كبيرة من المحيط؛ سمحت هذه الظاهرة للعلماء بمشاهدة ما يقرب من ٦٠٠٠ ميل مربع من المياه المتوهجة من المساحة.

**شكل (١) لقطات منظورية توضح البحار اللبنية.**

**المصدر:https://www.newsweek.com/milky-seas-bioluminescence-white-glow-1723956**

ب. نوع من الفطريات الموجودة في الخشب المتحلل (شكل ٢). يُعزى التوهج الأخضر المزرق إلى أكسدة بعض المواد الكيميائية الموجودة داخل البكتريا الحيوية نتيجة تعرضها للأكسجين [https://roughdiplomacy.com/].

**شكل (٢) لقطة منظورية توضح الفطريات المضيئة على الخشب المتحلل**

**المصدر: (أ)https://www.earthisland.org/journal/index.php/magazine/entry/engineered-glowing-plants-nanotech-environment/**

**(ب)https://www.foxweather.com/earth-space/true-form-of-magic-glowing-fungus-makes-for-surreal-neon-scene-along-dark-washington-beaches/**

ج. اليرقة المضيئة والمعروفة أيضًا باسم حشرات البرق، هي نوع من أنواع الحشرات التي تستخدم التلألؤ الحيوي لجذب الفرائس (شكل ٣أ). الديدان المتوهجة (ديدان الأرض) هى حشرات تتوهج في الظلام نتيجة أكسدة البروتين المضيء الموجود داخلها (شكل ٣ب).

**شكل (٣) (أ) اليرقة المضيئة، (ب) الديدان المتوهجة (ديدان الأرض)**

**المصدر: (أ) https://www.tmc.edu/news/2020/07/fireflies-help-kindle-new-tests-and-treatments-for-covid-19/**

**(ب)**https://siberiantimes.com/science/casestudy/news/the-worm-has-turnedluminous-blue/

د. قنديل البحر والمرجان الذى يحتوى على البروتين الفلوري الأخضر (Green Fluorescent Protein (GFP)) والمستخدم فى صناعة المستشعرات الحيوية (شكل ٤أ)، عوالق دينوفلاجيلات الصغيرة شكل (٤ب)، تنتج نفس البروتين المؤكسد الموجود فى البكتريا المضيئة [https://latzlab.ucsd.edu/].

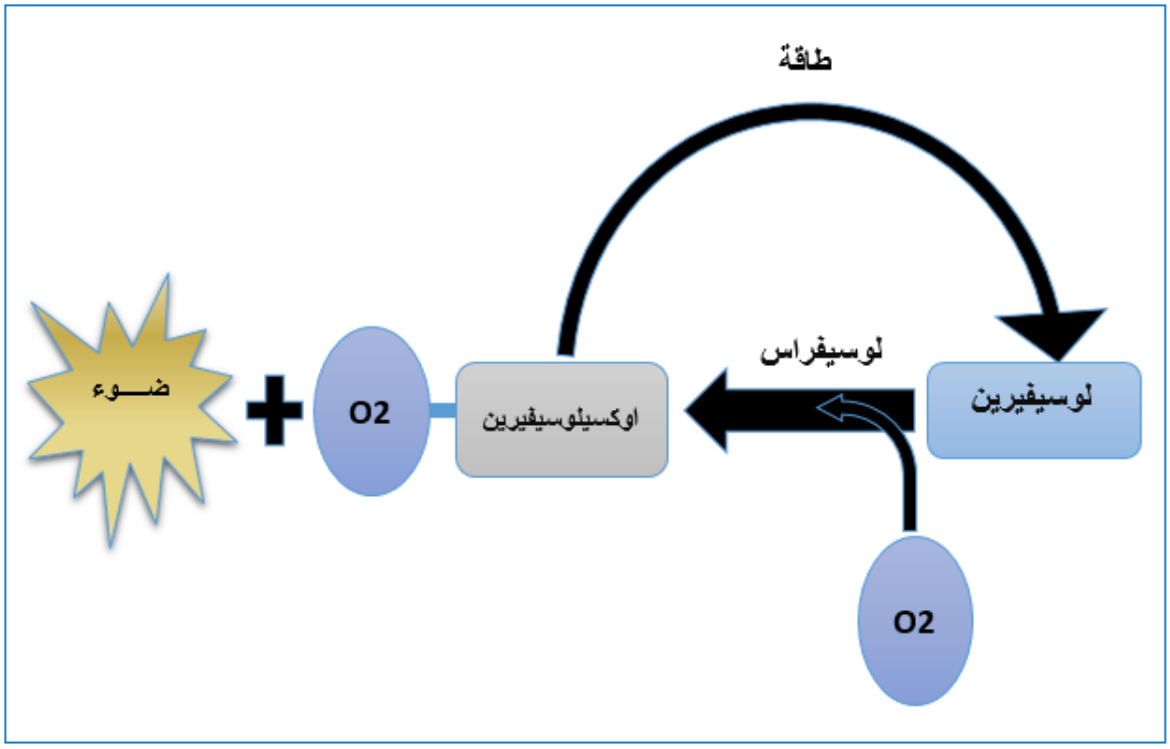
**شكل (٤) (أ) قنديل البحر المتوهج فى المياه المظلمة. (ب) عوالق دينوفلاجيلات.**

**المصدر: (أ) https://blog.padi.com/animals-that-glow-and-create-a-festival-of-lights-in-the-ocean/**

**(ب)** https://www.amazon.com/stores/PyroFarms/Homepage/page/C06C12FB-6694-4CF7-8F2A-64C480B6872F

## إنتاج الضوء فى البكتريا الحيوية من خلال التفاعل الكيميائى

يتم إنتاج التلألؤ البيولوجي من خلال تفاعل كيميائي يحدث داخل الخلايا. عند وفرة الأكسجين وفى وجود إنزيم اللوسيفيراس Luciferase (إنزيم يعمل كعامل حفاز فى عملية الأكسدة) يتم أكسدة اللوسيفيرين Luciferin (بروتين مسئول عن إنتاج الضوء من خلال عملية الأكسدة) عن طريق إضافة ذرة أكسجين إلية مكوناً أوكسيلوسيفيرين ويتم إطلاق الضوء المسئول عن ظاهرة التلألؤ البيولوجى. يعود مركب أوكسيلوسيفيرين مرة أخرى إلى لوسيفيرين وذلك فى وجود طاقة. تمتلك الحيوانات المختلفة لوسيفيراس ولوسيفيرين التي تختلف قليلاً، مما يساهم في تعدد ألوان الضوء الحيوي




**دياجرام (١) يوضح التفاعل الكيميائي لمادة اللوسيفرين لإنتاج الضوء البيولوجي فى وجود إنزيم اللوسيفراس**

**المصدر: http://www.signaltonoisemag.com/allarticles/2018/8/31/putting-the-spotlight-on-artists-who-glow/**

## ثانيا: الإطار العملى (تحليل نماذج مشابهه)

### 1. البكتريا المضيئة في العمارة الداخلية

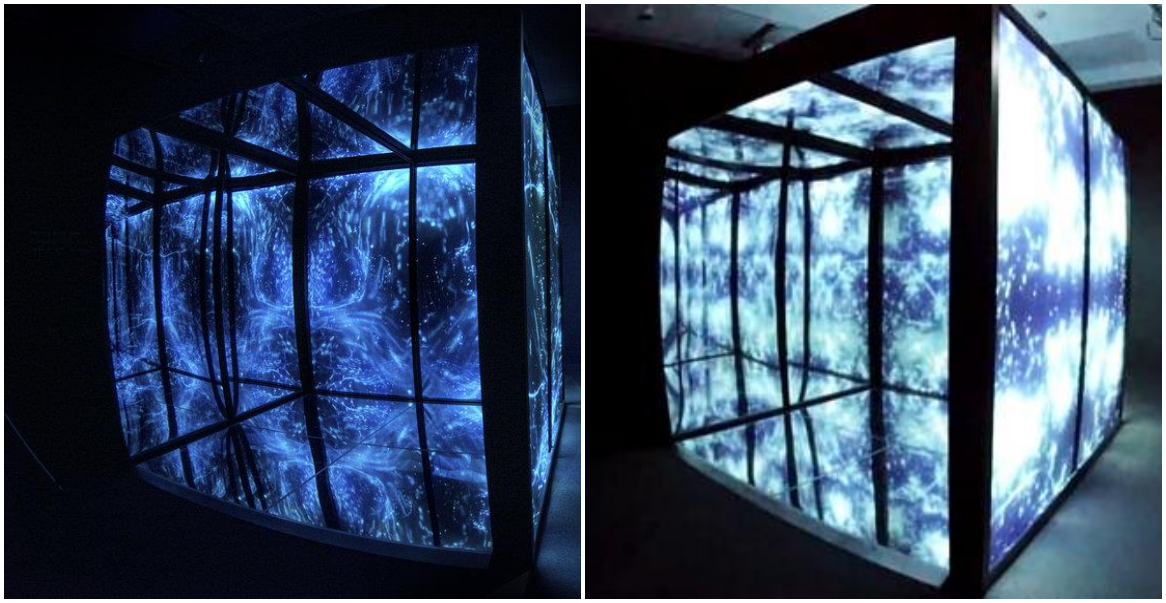
تستخدم البكتريا الحيوية المضيئة في التصميم الداخلي حيث يمكننا الاتجاه نحو عالم أكثر اخضرارًا، باستخدام المواد العضوية فهى ستغير بشكل أساسي الطريقة التي ننظر بها إلى الإضاءة والتصميم. على سبيل المثال يتم تغليف البكتيريا في غلاف شفاف مملوء بوسط مكون من عناصر الغذائية لخلق حل بديل للإضاءة الكهربائية. يمكن أن يساعد في تقليل معدل استهلاك الكهرباء العالمي بنسبة ١٩% وإجمالي انبعاثات غازات الاحتباس الحراري بنسبة ٥ % [https://www.architectmagazine.com/].

#### ١,١. المكعب المضئ

تم بناء الحيز المكعبي Infinity Cube ليكون أكثر من مجرد معرض للإضاءة الحيوية للزائرين مزوده بالدينوفلاجيلات(*). يوضح الدكتور لاتز(*) أنه "تم إعداد المعرض بحيث يمكن الدخول دون معرفة حقيقة ما يجري وتجربة هذا المكعب" [https://aslopubs.onlinelibrary.wiley.com/]، يستجيب لها الزائرين بشكل كبير، ليس بناءً على العلم [Du *et al.*, 2018]، ولكن بناءً على التجربة الحسية. كالاستجابة لأصوات مختلفة كالموسيقى ونبض قلب الإنسان. تتوفر للزائرين فرص لمعرفة - كيف تنتج المخلوقات الضوء وكم عدد الأنواع البحرية التي تستخدم الضوء للتمويه والحماية والتواصل [Latz, 2017] شكل (٥ & ٦).

**شكل (٥) يوضح لقطات منظورية لكائنات بحرية وحيدة الخلية تسمى دينوفلاجيلات تتفاعل مع المنشطات المختلفة، مثل نبضات قلب الإنسان، والموسيقى، وتدفق المياه ، وضغط الهواء**

**المصدر: https://aquarium.ucsd.edu/visit/exhibits/infinity-cube**



**شكل (٦) يوضح المكعب المضئ، وهو معرض مؤقت قام بالفعل في بيرش أكواريوم. يحيط المكعب الذي يبلغ طوله ٨ أقدام**
**المصدر: http://www.signaltonoisemag.com/allarticles/2018/8/31/putting-the-spotlight-on-artists-who-glow/**

### 2.1. إضاءة الحائط

**١,٢,١. وحدة فيليبس للإضاءة**: هو تصميم ابتكره فيليبس Phillips يستكشف استخدام البكتيريا الحيوية لخلق أجواء منخفضة الإضاءة أو بروتينات فلورية لمزيد من ترددات الضوء، تم تصميم الإضاءة الحيوية Bio-light ليس فقط لتقليل مقدار الطاقة اللازمة، ولكن أيضاً لإعادة تدوير النفايات والميثان الناتج عن النفايات لتغذية البكتيريا ذات الإضاءة الحيوية كما هو موضح فى شكل (٧).

مكونات وحدة الإضاءة: يتضمن التصميم خلايا زجاجية منفوخة يدويًا مدعومة بإطار فولاذي حيث تحتوي كل خلية على بكتيريا الإضاءة الحيوية وتتغذى من خلال أنابيب السيليكون (شكل ٨).

**شكل (٧) مفهوم التصميم الحيوي للضوء من فيليبس**

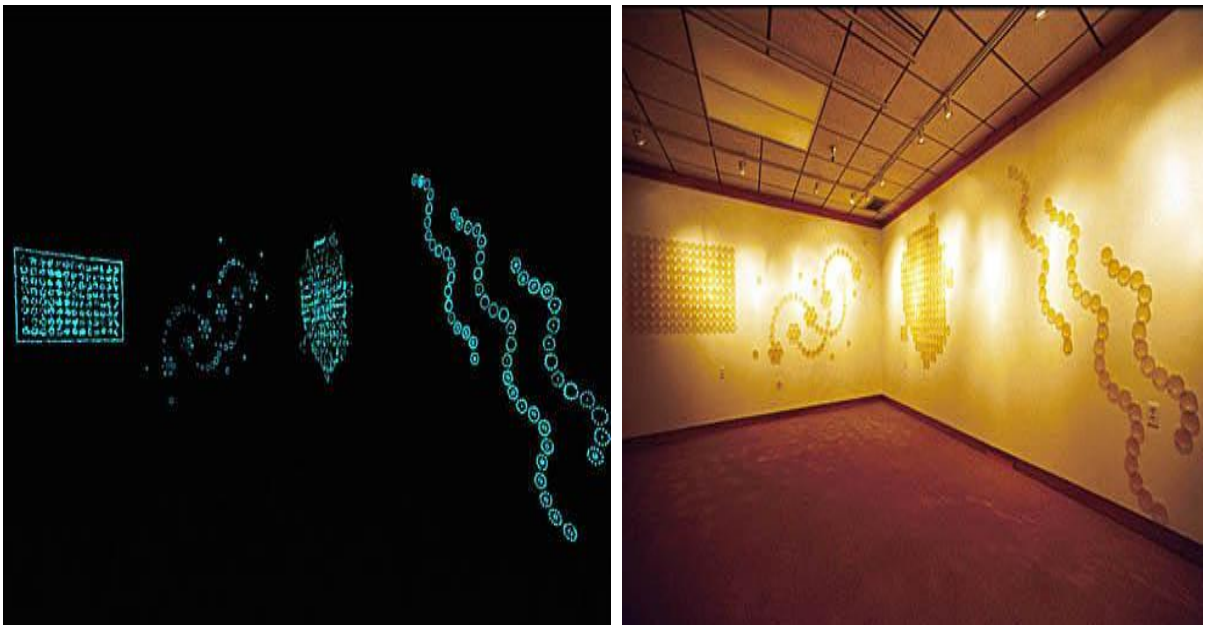
**شكل (٨) يوضح البكتيريا الحيوية تتغذى من خلال أنابيب سيليكون**

**المصدر: https://bloomtrigger.wordpress.com/2012/04/28/eco-design-bio-light-your-home-with-bioluminescent-bacteria**

استخدام الإضاءة في الحيزات الداخلية: نظرًا لأن الضوء منخفض الكثافة جدًا وطبيعة البكتيريا الحية تحد من القدرة على إنتاج الضوء بسرعة، فإن استخدام الضوء الحيوي أقل ملاءمة للإضاءة العملية. ومع ذلك، فإن هذا لا يقلل من أهميتها وإمكانياتها حيث إن لها استخدامًا واعدًا في التتبع، الإنذار، والإشارة. ومن الأمثلة على هذا الاستخدام علامات الطرق الليلية، وعلامات المعلومات في أماكن الإضاءة المنخفضة (على سبيل المثال، دور السينما، والنوادي، وما إلى ذلك)، أو الإضاءة المزاجية.

### ٢,٢,١. وحدة معرض بيوجليف Bioglyphs

افتتح معرض بيوجليف Bioglyphs في حرم جامعة ولاية مونتانا بوزمان للمصمم أنجيلا بولدز [*] Angela Bowlds. وهو معرض للوحات الحيوية المضيئة التي جمعت العلم والفن معًا، بحيث يمكن رؤية تركيب أطباق بتري petri، التي تحتوي على وسط مغذي من شأنه أن يحافظ على البكتيريا لفترة زمنية محدودة، فعند إطفاء الأنوار، يمكن الحصول على إحساس بالجمال الذي خلقته البكتيريا بضوءها الخاص شكل (٩) [https://biofilm.montana.edu/].



**شكل (٩) لقطة منظورية داخلية توضح توهج البكتيريا الحيوية المضيئة في لوحة "Bioglyphs"**
**المصدر: https://biofilm.montana.edu/bioglyphs/project-1/gallery.html**

كما أنها تنتج الضوء الأزرق من خلال تفاعل كيميائي، ستنتج أنواع فيبريو Vibrio الأخرى مثل فيبريو فيشيري Vibrio fischeri الضوء بعد تراكم عدد معين من الكائنات الحية.

## ٣,١. إضاءة الأسقف

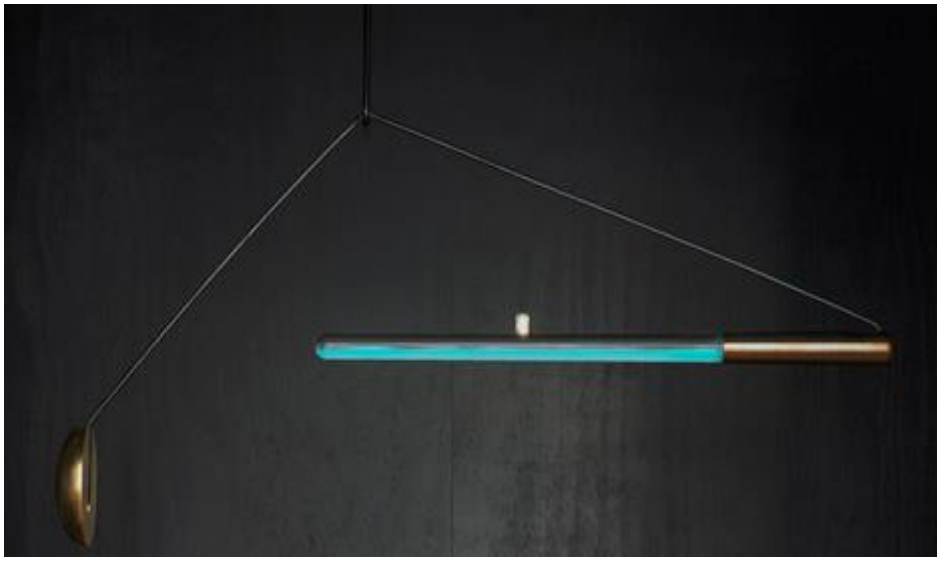
### ١,٣,١. الإضاءة المعلقة

#### ١,١,٣,١. وحدة إضاءة معلقة بإستخدام الكائنات الحية الدقيقة

على الرغم من وجود العديد من الأنواع المختلفة من الكائنات الحية الدقيقة ذات الإضاءة الحيوية، فقد اختار المصممه فان دونجن[*] Van Dongen نوعًا من البكتريا الحيوية المضية يمكن كشطها من جلد الحبار – حيث إنه يتأثر بكل من درجة اللمعان، كما أنه عند تحريكه تؤدي إما إلى نبضة من الضوء أو رد فعل أطول.

فكرة المصباح: من أجل أن تتوهج البكتريا باستمرار، كان الدفع الخفيف للمصباح هي الفكرة التي تزعج البكتيريا، كما أنه لا يمكن الاعتماد على الاتصال البشري المستمر لتشغيل تلك الحركة، قامت المصممة بعمل تجربة صنع جهاز متنقل دائم واستقرت على فكرة استخدام أوزان متفاوتة الأوزان. عند الدفع، يؤدي الوزن النحاسي المستدير إلى عدم توازن المصباح، مما يؤدي إلى تحريك مياه البحر الاصطناعية والبكتيريا ذهابًا وإيابًا لمدة تصل إلى ٢٠ دقيقة. مما يؤدي إلى توهجها. سوف تطيل الأوزان هذه الحركة، وتحافظ على إضاءة المصباح لأطول فترة ممكنة.

مكونات وحدة الإضاءة: يتكون من أنبوب زجاجي ببكتيريا الأخطبوط لإنشاء مصباح بدون كهرباء يتوهج باللون الأزرق عند الإزعاج شكل (١٠)، معلقة بين أثنين من الأوزان النحاسية. غطاء من الصوف يضمن تدفقًا منتظمًا للأكسجين.

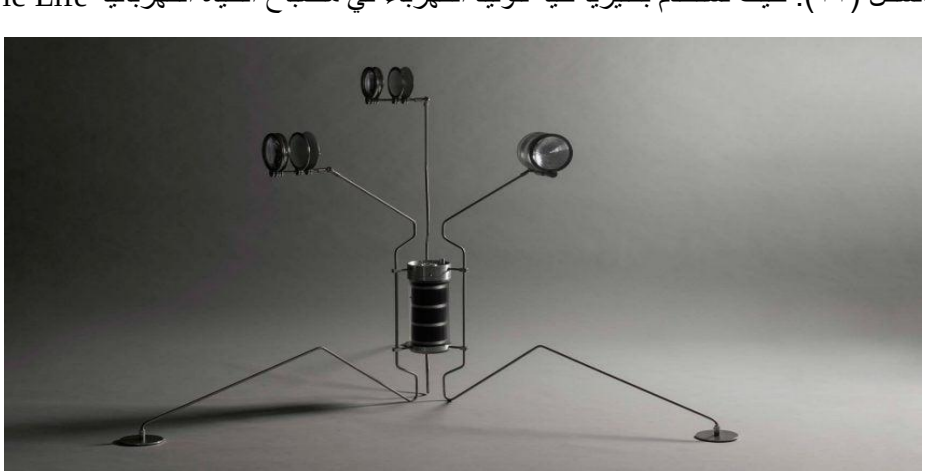


**شكل (١٠) لقطة منظورية لوحدة إضاءة فيها يتوهج مصباح بيولوجي من تصميم تيريزا فان دونجن باللون الأزرق من بكتيريا الحبار**

**المصدر:/https://www.wired.com/2015/01/lamp-whose-light-comes-bioluminescent-bacteria**

### ٢,١,٣,١. وحدة إضاءة معلقة بإستخدام بطارية البكتريا تسمى Electric Life

طورت المصممه تيريزا فان دونجن مصدر ضوء مستدام (صديق للبيئة) من الكائنات الحية التي تتطلب تغذية منتظمة مقابل الكهرباء كما بالشكل (١١). حيث تستخدم بكتيريا حية لتوليد الكهرباء في مصباح الحياة الكهربائية Electric Life.



**شكل (١١) لقطة منظورية لوحدة إضاءة تعمل كمصدر ضوء مستدام (صديق للبيئة) من الكائنات الحية التي تتطلب تغذية منتظمة مقابل الكهرباء**

**المصدر:/https://www.dezeen.com/2019/02/21/electric-life-teresa-van-dongen-bacteria-light-design**

تطلق على هذه البيئة اسم "بطارية البكتيريا bacteria battery "، والتي تحتوي على مئات الأنواع من البكتيريا التي تشكل معًا نظامًا بيئيًا قويًا. تحتوي كل بطارية على قطب كهربائي مصمم خصيصًا لجمع الإلكترونات التي تفرزها البكتيريا، والتي يتم توجيهها بعد ذلك عبر دائرة كهربائية تُستخدم لتوليد الكهرباء. هذا النظام قادر على تشغيل ثلاثة مصابيح لكل بطارية. يتم العناية بالبكتيريا عن طريق إطعامها مرة واحدة في الأسبوع من الماء الممزوج ببعض الأسيتات أو الخل.

تصميم الإضاءة المعلقة باستخدام البكتريا الحيوية المضيئة:

الكائنات الحية الدقيقة يمكن أن تعيش في حدة الإضاءة لمدة يومين فقط إلى أن تنفد العناصر الغذائية أو تتكاثر كثيرًا بالنسبة للأنبوب. لذا يعمل الفريق حاليًا على حل مشكلة نفاذ العناصر الغذائية لإطالة عمرها.

### ٢,٣,١ـ الإضاءة غير المباشرة

يضيء التوهج الناعم للكائنات الحية حيزات داخلية مستقبلية كما بالتصميم الافتراضي شكل (١٢)، حيث تسبح الكائنات الحية أو تنام في خزانات السقف وتوجد هذه الكائنات فى اسطوانة زجاجية بقطر ٥ سم مليئة بالعوالق النباتية ذات الإضاءة الحيوي تنتج ضوءًا طبيعيًا في الليل وتُحدث (تلألؤ بيولوجي) عند تحريكها برفق. ستقوم الأسطوانة بإزالة ثاني أكسيد الكربون والسموم الأخرى المحمولة في الهواء خلال النهار أثناء تجديد الأكسجين النقي لبيئة الغرفة [https://interiordesign.net/].

**شكل (١٢) لقطة منظورية توضح استخدام البكتريا الحيوية في السقف من تصميم بيركنز وويل**

**المصدر:-https://interiordesign.net/designwire/16-futuristic-hospitality-ideas-presented-virtually-at-sleep-and-eat/**

### ٤,١. وحدات إضاءة مركزة

#### ١,٤,١. وحدة إضاءة باستخدام العوالق البحرية المتوهجة

تعتمد العوالق البحرية على ضوء الشمس، وعند تحريكها، ينبعث منها ضوء أزرق – أخضر يسمى الإضاءة الحيوية – لإضاءة المصابيح ذات التوهج الناعم، تعتمد هذه الإضاءة على الدينوفلاجيلات ما يكفي من ضوء الشمس خلال النهار لتحويله إلى طاقة كيميائية من خلال عملية التمثيل الضوئي شكل (١٣) - حتى تتمكن وحدة الإضاءة من التوهج عند حلول الليل وتتدفق من السقف.

**مكونات وحدة الإضاءة**: هو حوض مائي صغير مليء بالعوالق التي تتوهج عند اهتزازها – عبر أنبوب لإضاءة المصباح.

**شكل (١٣) المصباح الحيوي، الذي لا يزال نموذجًا أوليًا، ليس جاهزًا بعد للإصدار التجاري. ومع ذلك، يمكن أن يتم وضعه في معرض أو متحف**
**المصدر:https://www.businessinsider.com/biolamp-2015-7**

### ٢,٤,١. وحدة الإضاءة الليلية لوما LUMA

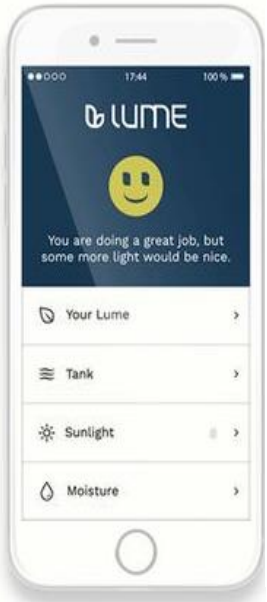
يتميز المصباح المفاهيمي "LUME" من تصميم كريستوفر كوتنغ Christopher Kötting [*] ولوكاس أوليتس Lukas Uhlitz [*] بوجود نبات حيوي في الجزء الداخلي من الوحدة الزجاجية ينمو على سطحه بكتريا حيوية مضيئة، تتوهج لتوفير إضاءة مهدئة، تتصل وحدة الإضاءة "LUME" بالهاتف الذكي للمستخدم لإعلامه بما إذا كانت مستويات الرطوبة والضوء والتربة على قدم المساواة لضمان تمكين النبات من الازدهار شكل (١٤). يمكن لجهاز حاوية النبات بالسماح بقليل من الإضاءة الطبيعية.

يقوم مستشعر الرطوبة الصغير بتوصيل الكهرباء إلى التربة لقياس مستوى الرطوبة فيها لإبقائها، تم دمجها في الجزء الخلفي من الغلاف المعدني. فقط شريط معدني صغير مدمج في جراب النبات يكشف عن موقعه.

من الضروري مراقبة مستوى ملء وعاء الماء لمنع الماء من الانسكاب. يوجد مقياس يقيس وزن الماء، كما أنها تعمل كقضيب توجيه للحاوية وتدفعها لأعلى قليلاً لتحافظ على وضعها.

**شكل (١٤) يوضح وحدة الإضاءة النباتية أثناء الليل والنهار ويتم اتصاله بالهاتف الذكي للاستعلام عن درجة الرطوبة والضوء والتربة وهي من تصميم كريستوفر كوتنغ ولوكاس أوليتس**

**المصدر:** https://www.trendhunter.com/trends/lighting-solution




## تحكم الهاتف الذكى في كيفية الوصول إلى الإضاءة الأفضل عن طريق معرفة:

**خزان السائل**

يمكن التحقق من معرفة وقت تنظيف خزان السائل وتفريغه. بالإضافة إلى ذلك، فإنه يخبر إذا لم يكن الخزان في الموضع الصحيح لذلك لا يمكن للمياه أن تتسرب.

**ضوء الشمس**

أسهل طريقة للتأكد من حصول النبات على إضاءة كافية هي تغيير موقعه، لضمان العثور على الموقع الأمثل، يمكن للتطبيق أن يقدم ملاحظات حول حالة الإضاءة الحالية فيLUME

**الرُطُوبَة**

لمعرفة وقت عطش النبات من خلال LUME يخبر النبات عندما يحتاج إلى بعض المياه العذبة ويمنع أيضًا من الإفراط في ريه.

**شكل (١٥) برنامج يوضح التفاصيل الخاصة بوحدة الإضاءة الليلية لوما LUMA من خلال البرنامج الموجود على الهاتف الذكى**

| الخطوة ١- الشحن | الخطوة ٢ – أثناء اليوم | الخطوة ٣ – وقت العمل |
|---|---|---|
| بوضع LUME في مكان مضاء بشكل ساطع. كما يستخدم النبات ضوء الشمس من أجل الاضاءة الحيوية في الليل | يعتنى النبات بنفسه خلال النهار. | بمجرد أن يحل الظلام، يبدأ النبات في التوهج ويمكن استخدامه كمصدر للضوء |

**شكل (١٦) يوضح الخطوات الروتين اليومي لوحدة الإضاءة الليلية لوما LUMA**

## 2. البكتريا المضيئة في الإضاءة الخارجية

### ١,٢. إضاءة الواجهات المعمارية

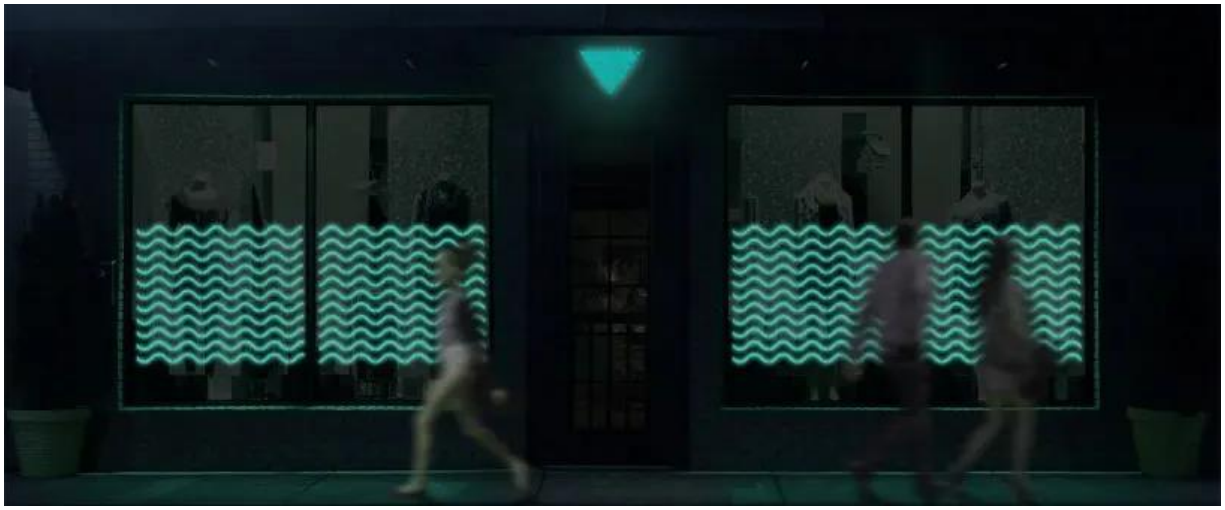
يعمل الباحثون باستخدام البكتيريا الموجودة في الحبار على استبدال مصابيح الشوارع الكهربائية بالإضاءة الحيوية ووضعها على الأشجار وعلى الواجهات المعمارية في جميع أنحاء العالم. فالأشجار ذاتية التوهج صديقة للبيئة أكثر من المصابيح الكهربائية، حتى بدون تشغيل أي مصابيح كهربائية، فهي تعمل على توجيه الأشخاص في الظلام كما بالتصميم الافتراضي للواجهات المعمارية وممرات الحركة شكل (١٧) [https://www.rambouillet-tourisme.fr/].

**شكل (١٧) استخدام الإضاءة الحيوية على واجهات المعمارية إفتراضية وعلى الأشجار وفى ممرات الحركة**
**المصدر:-https://www.newscientist.com/article/2078921-glow-in-the-dark-bacterial-lights-could-illuminate-shop-windows/**

### ٢,٢. إضاءة وحدات عرض محلات التجزئة بمصباح جلو Glowee

بسبب التلوث الضوئي الذي يعطل النظم البيئية وأنماط نوم الناس كما ذكر في مشكلة البحث. لمحلات تجار التجزئة وإضاءة نوافذ المتاجر ليلاً، صممت ساندرا ري Sandra Rey (*) وحدات إضاءة من البكتريا الحيوية لإعطاء إضاءة ناعمه بدون استخدام الكهرباء ليلاً كما هو موضح بالشكلين (١٨ & ١٩).

مكونات وحدة الإضاءة: مصباح يعمل بالبكتيريا، إنه يعمل عن طريق حبس بكتيريا وراثية مستخلصة من الحبار تسمى أليفيبريو فيشيري Aliivibrio fischeri لتنشيط تلألؤها الحيوي في الليل فقط - وكذلك التكاثر بمعدل أبطأ. قد يؤدي ذلك إلى زيادة عمر مصباح جلو Glowee لمدة عام أو أكثر، والتي تعطي الكائنات البحرية مثل الحبار هاواي بوبتيل Hawaiian bobtail توهجها الحيوي المزرق، داخل حزمة شفافة من هلام المغذيات جنبًا إلى جنب مع السكر والأكسجين للحفاظ على البكتيريا حية [https://www.fastcompany.com/]. عندما تأكل البكتيريا، فإنها تعطي توهجًا أخضر مزرقًا، كما أن العلب التي تحتوي على المغذيات مصنوعة من راتينج عضوي قابل للتخصيص بالكامل، يبلغ سمكه حوالي ١ سم، يمكن تشكيلها حسب الطلب في أي شكل من قبل الفنانين والمصممين الذين يرغبون في إنشاء تصميماتهم الخاصة [https://clotmag.com/].



شكل (١٨) مصدر ضوئي يستخدم نفس البكتيريا الموجودة في الحبار لإعطاء إضاءة ناعمة خالية من الكهرباء في الليل
المصدر: https://www.fastcompany.com/3057873/this-french-startup-thinks-the-future-of-lighting-is-bioluminescent/

**شكل (١٩) تقدم الشركة الفرنسية الناشئة Glowee بقعًا تستخدم بكتيريا متوهجة، واعدة باستخدام الإضاءة الحيوية بدلاً من الكهرباء لإضاءة الظلام، وذلك باستخدام علب شفافة مملوءة بهلام البكتيريا وطعامها - السكر والأكسجين بشكل أساسي.**
**المصدر: https://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-3474656/Let-bacteria-light-way-Glow-dark-microbes-replace-electricity-illuminate-shops-power-street-lights.html**

### ٣,٢. مصابيح الشوارع ذات الإضاءة الحيوية

أول اختبار لمصابيح الشوارع "الحية" شكل (٢٠)، وهو مفهوم استخدام الإضاءة الطبيعية (وليس ضوء الشمس)، فهي تستغل التلألؤ الحيوي للبكتيريا لإضاءة الطريق بطريقة بيئيه. كما أن هذه المصابيح العضوية أرخص وأقل تلويثًا. كما أنها تستخدم كميات أقل من المياه.

مكونات وحدة الإضاءة: تتكون من أنابيب مياه مالحة خاصة بها بكتيريا ذات إضاءة حيوية مع (العناصر الغذائية الأساسية والأكسجين).

لإيقاف تشغيلها، يمكن ببساطة "إيقاف" الأكسجين الذي يغذي البكتيريا. هذا يضع الكائنات الحية في حالة لاهوائية لا يستمر فيها التمثيل الغذائي، الذي يسير جنبًا إلى جنب مع التلألؤ البيولوجي.

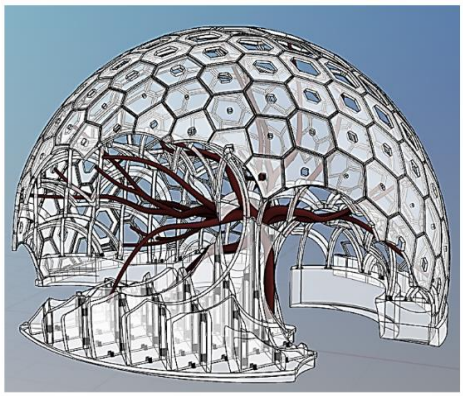
**شكل (٢٠) لقطة منظورية توضح فرضية أثاث الشوارع على أساس مصابيح الإضاءة الحيوية**

**المصدر: https://en.futuroprossimo.it/2022/04/in-francia-partono-i-test-per-i-lampioni-bioluminescenti/**

### ٤,٢. جناح الإضاءة الحيوية: العمارة المؤقتة توفر الإضاءة

الفكرة التصميمية: دمج التصميم المحاكي للطبيعة في عملية التصميم المعماري، للوصول لنهج جديد نحو استدامة البيئة المبنية.

يوفر الهيكل إضاءة منخفضة الكثافة باستخدام الكائنات الحية المضيئة على سطحه الداخلي والخارجي، لإنشاء التصميم استخدام تقنيات التصميم البارامترية، استنادًا إلى هندسة المجال الشبكي وأنماط قرص العسل والأشكال العضوية شكل (٢١). من خلال تحديد المعلمات والعلاقات، يمكننا التصميم في بيئة مرنة تسمح لنا باختبار العديد من خيارات النموذج في جزء صغير من الوقت مقارنة بنهج التصميم التقليدي.



**شكل (٢١) لقطة منظورية توضح جناح الإضاءة الحيوية المصمم بالنظم الحسابية على شكل قرص العسل**

**المصدر: https://www.reddit.com/r/solarpunk/comments/q41wde/bioluminescent_pavilion_design/**

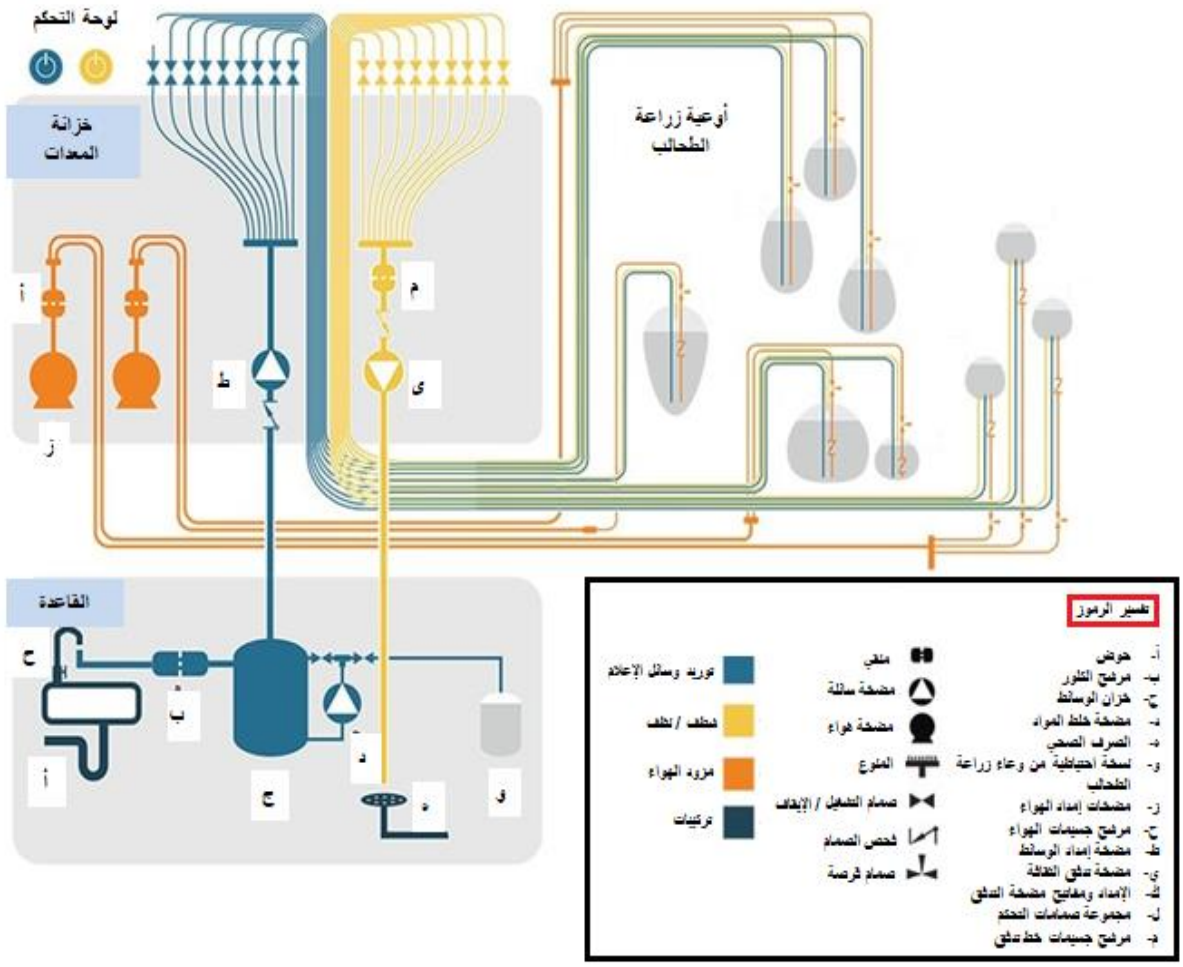
## 3. الطحالب المضيئة

توجد العديد من الكائنات الحية المضيئة مثل الطحالب المضيئة التي تستخدم في الأثاث شكل (٢٢)، وذلك يتم من خلال إنشاء مصباح به طحالب دقيقة - وهي كائنات حية مغذية يمكنها امتصاص ثاني أكسيد الكربون وإطلاق الضوء والحرارة. الطحالب الدقيقة دُمجت فى خزانات فقاعية من الطحالب المضيئة في الأثاث المستوحى من منتصف القرن. فالأوعية المغذية موصلة بأسلاك لتدفئة الغرفة وإضاءتها؛ عند القيام بذلك، فإنها تتسبب أيضًا في نمو الطحالب الموجودة داخل الخزانات، مما يضخ الأكسجين إلى الغرفة. في نهاية المطاف، تنمو الطحالب بشكل كثيف.

مثال لغرفة المعيشة، يتم استخدام أوعية أكبر، والتي توفر وهجًا للقراءة وتشع الحرارة من الأضواء الداخلية والسخانات الاحتياطية للأشخاص الجالسين في مكان قريب. وفي منطقة تناول الطعام، تكون الأوعية أصغر حجمًا، ربما تكون صغيرة بما يكفي لتوفير وجبة خفيفة [Valiadi & Rodriguez, 2013].

**شكل (٢٢) مصابيح مثبتة على الحائط ملينة بسائل سبيرولينا المتوهجة، مما يسمح للتوهج الأخضر الناعم من المصابيح العلوية بإضاءة حيز الطعام.**

**المصدر: https://www.forbes.com/sites/eustaciahuen/2017/01/31/10-hottest-products-for-a-luxury-green-home/?sh=b8af834f7162/**




**شكل (٢٣) يوضح أنظمة المرافق والصيانة للطحالب المضيئة في الأوعية الزجاجية.**

**المصدر:https://www.designboom.com/technology/living-things-jacob-douenias-ethan-frier-08-06-2015/**

الأوعية الزجاجية هي المسؤولة عن كل من الإضاءة والتدفئة، حيث توفر المفاعلات الحيوية الضوئية الحرارة والضوء وإمداد الهواء والمغذيات والتحكم في النفايات إلى الطحالب الحية بالداخل. يتم توصيل النظام بأكمله من خلال الأسلاك والسباكة بشبكة الدعم الرئيسية في المطبخ، حيث يمكن ضبط كل من الأوعية التسعة على حدة. تعمل مقابض النايلون المطبوعة ثلاثية الأبعاد على تشغيل ثمانية عشر صمامًا تسمح بحصاد الطحالب عندما تصبح كثيفة بدرجة كافية لتزويد التركيب بالطاقة.

## خلاصة البحث:

بناءً على ما تقدم نستطيع أن ندرك دور البكتريا الحيوية المضيئة في مستقبل إضاءة العمارة الداخلية وأهميتها والتي تتوفر الإضاءة في الظلام والتي نجدها فى البكتيريا المتوهجة، والعوالق، والحبار، والفطريات، وقنديل البحر، والأسماك، حيث يسرت هذه البكتريا صعوبات كثيرة للحفاظ على الطاقة المتجددة وتوفير الكثير من المال وكذلك الحفاظ على التلوث الضوئي الذي ينتج من المصابيح التقليدية، بالإضافة إلى عرض نماذج من التطبيقات على محددات العمارة الداخلية (للحوائط والأسقف ووحدات الإضاءة المركزة) وكذلك واجهات المباني.

نظراً لأن البكتريا المتوهجة تعمل بالحركة ولا يمكن الاعتماد على الاتصال البشري المستمر لتشغيل تلك الحركة، قامت المصممة "تيريزا" بعمل تجربة صنع جهاز متنقل دائم واستقرت على فكرة استخدام أوزان متفاوتة الأوزان. عند الدفع، يؤدي الوزن النحاسي المستدير إلى عدم توازن المصباح، مما يؤدي إلى تحريك مياه البحر الاصطناعية والبكتيريا فتضئ أكثر، وهو حل مؤقت وغير عملي، فتوصل العلماء إلى وحدات الإضاءة التي تعمل بالبكتريا الحيوية المضيئة لمده عام ويزيد من خلال البحث العلمي باستخدام الهندسة الوراثية المعدلة.

كما دُمجت البكتريا الحيوية المضيئة في الأجنحة المؤقتة، لمحاكاة الطبيعة في عملية التصميم المعماري، نحو نهج جديد نحو استدامة البيئة المبنية، كما استخدمت الطحالب المضيئة في التصميم الداخلي للحيزات السكنية من خلال إنشاء مصباح به طحالب دقيقة.

## النتائج:

1. إن وجود أجواء أكثر استرخاء وأنظمة من شأنها أن تلهم الناس ليكونوا أكثر احترامًا للبيئة والتنوع البيولوجي.
2. إن استخدام البكتريا الحيوية المضيئة يساعد على الحد من التلوث الضوئي الذي يؤثر على عين المشاهد في الليل باستخدام إضاءة ناعمة بدون استخدام الكهرباء.
3. استخدام فكرة المواد العضوية للموارد اليومية تغير بشكل أساسي الطريقة التي ننظر بها إلى الإضاءة والتصميم.
4. يمكن عمل تجارب حسية لوحدات الإضاءة تجمع بين الفن والعلم ويمكن الاستجابة لأصوات مختلفة بما في ذلك الموسيقى ونبض قلب الإنسان.

## التوصيات:

1. تطوير الشركات من هندسة البكتريا الوراثية لتنشيط تلألؤها الحيوي في الليل فقط - وكذلك التكاثر بمعدل أبطأ. والذي قد يؤدي ذلك إلى زيادة عمر المصابيح، مع التقليل من استهلاك الطاقات غير المتجددة لأنه يؤثر بالسلب على البيئة.
2. تقديم تصميمات جديدة من قبل المصممين الداخليين من المصابيح تتوهج بشكل أكثر إشراقاً، وتتحمل درجة الحرارة، وتوفير طاقتها ومغذياتها.
3. حث الباحثين على البحث المستمر عن الكائنات الحية التي لديها القدرة على التوهج، فلا يزال هناك توهج ساطع بما يكفي ليحل محل المصابيح التقليدية.

## المراجع

### المراجع الأجنبية

1. Bader C, Patrick WG, Kolb D, Hays SG, Keating S, Sharma S, Dikovsky D, Belocon B, Weaver JC, Silver PA, Oxman N Grown, Printed, and Biologically Augmented: An Additively Manufactured Microfluidic Wearable, Functionally Templated for Synthetic Microbes. 3D Print Addit Manuf 3:79–89 (2016)
2. Badr, C. E. & Tannous, B. A. Bioluminescence Imaging: Progress and Applications. Trends Biotechnol 29, 624–633 (2011)
3. Campisi,D., Gitto, S., and Morea, d., Light Emitting Diodes Technology in Public Light System of the Municipality of Rome: An Economic and Financial Analysis. International

Journal of Energy Economics and Policy, Vol 7, Issue 1, International Journal of Energy Economics and PolicyISSN: 2146-4553. 200:208 (2017)

4. Du, J. T., Zhang, X., & King, D. An Investigation into the Risk of Night Light Pollution in a Glazed Office Building: The Effect of Shading Solutions. Building and Environment, 145, 243-259. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.09.029(2018).
5. Latz, M. I. The Artistry of Dinoflagellate Bioluminescence. Materials Today: Proceedings 4, 4959–4968 (2017).
6. Valiadi M., & Rodriguez D.I. Understanding Bioluminescence in Dinoflagellates-How Far Have We Come?, Microorganisms (2013).

**المواقع الإلكترونية (الإنترنت)**

7. https://aslopubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/lob.10345,(2019)
8. https://biofilm.montana.edu/bioglyphs/project-1/gallery.html, (2002)
9. https://clotmag.com/biomedia/light-bioluminescent-bacteria,(2013).
10. https://interiordesign.net/designwire/16-futuristic-hospitality-ideas-presented-virtually-at-sleep-and-eat/,(2020).
11. https://latzlab.ucsd.edu/,(1995).
12. https://roughdiplomacy.com/luminous-display/, (2019).
13. https://www.architectmagazine.com/technology/this-week-in-tech-will-bioluminescent-organisms-help-illuminate-our-future-buildings_o,(2017).
14. https://www.fastcompany.com/3057873/this-french-startup-thinks-the-future-of-lighting-is-bioluminescent,(2017).
15. https://www.rambouillet-tourisme.fr/en/events/bioluminescence-settles-in-rambouillet-with-glowee/,(2019).

---

١

(*) دينوفلاجيلات Dinoflagellates هي السوطيات الضيائية الحيوية هي نوع من العوالق - كائنات بحرية دقيقة يمكن أن تتسبب أحيانًا في تألق سطح المحيط في الليل. بعض الكائنات الحية الضيائية لا تصنع اللوسيفيرين. بدلاً من ذلك، تمتصه من خلال الكائنات الحية الأخرى، إما كغذاء أو في علاقة تكافلية.

(*) عالم الأحياء البحرية مايكل لاتز (٦٠) عاماً، أمريكى الجنسية، من معهد سكريبس لعلوم المحيطات لإنشاء عوالم غير مرئية على وجه التحديد يبحث في Dinoflagellates، ولديه خبرة كبيرة في العمل مع فنانين آخرين في الماضي

(*) أنجيلا بولدز Angela Bowlds هي طالبة من جامعة ولاية مونتانا، مدرسة بوزمان للفنون

(*) المصممة الهولندية تيريزا فان دونجن Teresa van Dongen (٣٤ عامًا) هي مصممة حيوية تسعى جاهدة لإنشاء تركيبات غامرة تثير فضول الإنسان لمعرفة المزيد. قبل تعليمها التصميم (أكاديمية التصميم في أيندهوفن)، درست تيريزا علم الأحياء لمدة عامين.

(*) كريستوفر كوتنغ Christopher Kötting، هو مصمم داخلي، خريج جامعة بوتسدام للعلوم التطبيقية وهو مصمم جرافيك مدربًا ومساعدًا لتكنولوجيا البناء والتصنيع.

(*) لوكاس أوليتس Lukas Uhlitz، هو مصمم داخلي، خريج جامعة بوتسدام للعلوم التطبيقية وهو مصمم المنتج والفنان ثلاثي الأبعاد.

(*) المصممة الفرنسية ساندرا ري Sandra Rey مواليد عام ١٩٩٠، حصلت ساندرا على درجة الماجستير من مدرسة التصميم الفرنسية Strate وحصلت على دورات ريادة الأعمال الاجتماعية في كلية إدارة الأعمال ESCP Europe