الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

المدرسة العليا للأساتذة - الشيخ محمد البشير الإبراهيمي

القبة – الجزائر

مجلة بشائر العلوم

فصلية، ثقافية، علمية، تعميمية

تصدرها المدرسة العليا للأساتذة، الشيخ محمد البشير الإبراهيمي

القبة – الجزائر

العدد 9 : جانفي 2024

فهرس العدد 9	
رياضيات	
منحنيات الملء	حمزة خليف
الفيزياء والهندسة: الفيزياء كالهندسة والهندسة كالفيزياء (2)	ناجي هرماس
الرياضيات بجامعة الجزائر غداة 1962: مخاض عسير (1)	عمار القلّي ومارتن زرنير
تكنولوجيا	
جولة تثقيفية في عالم التشفير والتعمية	صادق بوروبي
هل الروبوتية من العلم العربي؟ (2)	عبد الله لعريبي
GEO : لعبة تعليمية لتشجيع التذكّر والحفظ لدى التلميذ في مجال الجغرافيا	أحمد ياسين بن عنان
من تاريخ العلوم	
من خلال عدسة الإسلام: تاريخ ما قبل اكتشاف النظارات، على ضوء المصادر العربية (3)	فريد بن فغول
الرياضياتيّ ابن حمـزة الجزائري (2)	مقتدر زروقي
مصادر ومحتوى وإسهامات الرياضيات العربية قبل القرن 6ه/12م (2)	وسيلة غرابة
تعليمية وتربية	
نماذج حول بعض الظواهر المثيرة في عالم الأعداد	محمد بوضياف
المحتويات المعرفية الرياضياتية في برامج التكوين الأوّلي لأساتذة الرياضيات بالجزائر وكبيك	محمود شنتي وآخرون
متى نطوّر التفكيرين النقدي والابتكاري إن لم يكن في الصغر؟	محمد زيدان
علوم طبيعية	
الطين: تاريخه وبعض تطبيقاته (1)	محمد خوجة وآخرون
شخصية العدد	
الأستاذ حسن بلبشير، مدير مركز البحث في الإعلام العلمي والتقني (سابقا)	تقديم: أبو بكر خالد سعد الله
عرض كتاب	
العلوم الإسلامية وقيام النهضة الأوروبية	تأليف :جورج صليبا عرض: ليلى زيتوني

كلمة العدد

تدخل مجلة بشائر العلوم سنتها الثالثة بإصدارها هذا العدد. وقد نشرت حتى الساعة 117 مقالة في مختلف العلوم، وقدمت 9 شخصيات لها باع في العلم وتسيير شؤونه، كما عرضت 9 مؤلفات من أمهات الكتب العلمية والتربوية والتاريخية؛ وهي ماضية في تقديم الجديد والمزيد في كل عدد من أعدادها الموالية. وما يثبت مقروئية المجلة أن عدد زوار موقعها فاق 13500 زائر منذ صدور العدد 8 في منتصف سبتمبر 2023.

يحتوي هذا العدد على مواضيع متنوعة بدءًا من الرياضيات ومنحنياتها، وكذا بعض علاقات هذا العلم بالفيزياء. ثم قدمنا الجزء الأول من ترجمة مقال حول تاريخ تدريس الرياضيات بجامعة الجزائر غداة 1962. وفي محور التكنولوجيا جال بنا أحد المختصين في عالم التشفير والتعمية. كما واصلنا حديثنا في محاولة الإجابة عما إذا كانت الروبوتية علم عربي؟ ولم نهمل هذه المرة ولوج عالم الألعاب حيث استعرضنا قواعد لعبة تعليمية لتشجيع التذكّر والحفظ لدى التلميذ في مجال الجغرافيا.

أما في باب تاريخ العلوم فواصلنا تناول تاريخ ما قبل اكتشاف النظارات، وذلك على ضوء المصادر العربية. واهتممنا مجددا بأعمال ابن حمزة الجزائري. وأيضا بمصادر ومحتوى وإسهامات الرياضيات العربية الإسلامية قبل القرن 6ه/12م. وما دامت المجلة تركز على اهتمامات قرائها في التربية والتعليم فهي تسعى على الدوام إلى تقديم مادة تصب في الجانب التعليمي. وفي هذا السياق، نقدم في هذا العدد لمدرّسي الرياضيات نماذج حول بعض الظواهر المثيرة في عالم الأعداد فضلا عن دراسة المحتويات المعرفية الرياضياتية في برامج التكوين الأوّلي لأساتذة الرياضيات بالجزائر ومقاطعة كبيك الكندية. وفي المجال التربوي تساءل –وأجاب- أحد الأساتذة: متى نطوّر التفكيرين النقدي والابتكاري إن لم يكن في الصغر؟

وفي مجال العلوم الطبيعية، تناول ثلاثة خبراء موضوعا لم نتعرض إليه في أعدادنا السابقة، وهو مادة الطين. والواقع أن ظهور الطين في الكون قد سبق بكثير ظهور البشر الذين قاموا بإبراز خصائصه العديدة والمفيدة. وقد قام الإنسان بإدراج الطين تدريجيا في العناصر الثقافية والدّينية. يركز الموضوع، في هذا العدد، على الجانب التاريخي للطين، وسيواصل هؤلاء التطرق إليه في الإعداد الموالية معرّجين على علاقة الطين بالصحة والغذاء، وعلى التطبيقات الصناعية للمعادن الطينية.

ثم كان لنا لقاء مع "شخصية العدد" حيث استضفنا في هذا العدد الأستاذ حسن بلبشير المدير الأسبق لمركز البحث في الإعلام العلمي والتقني (الكائن ببن عكنون، الجزائر العاصمة)، فعرفنا ضيفنا بهذا المركز المهم بالنسبة للجامعيين -طلبة وأساتذة- وبمنجزاته ومشاريعه. وفي ركن "عرض كتاب"، يتعرف القارئ هذه المرة على كتاب يعدّ من أمهات كتب تاريخ العلوم، وهو "العلوم الإسلامية وقيام النهضة الأوروبية" لصاحبه مؤرخ العلوم الرياضياتية والفلك جورج صليبا الذائع الصيت.

كلنا أمل أن تكون هذه المواضيع من بين تلك التي يتعطش إليها قراء المجلة. وفي الأخير لا يسعنا إلا أن نكرر خطابنا الموجه لجمهور الأساتذة والباحثين ملتمسين منهم الإسهام في الرقي بالمجلة من خلال مدّها بمقالات تندرج ضمن اهتماماتها وتطلعات قرائها الكرام. وبالله التوفيق.

هيئة التحرير

طاقم المجلة

- **المشرف العام**

مديرة المدرسة : آيت محيوت لطيفة

- **هيئة التحرير**

رئيس التحرير : الأستاذ أبو بكر خالد سعد الله (قسم الرياضيات)

مديرة التحرير: الأستاذة ليلى زيتوني (قسم الرياضيات)

- **الإشراف التقني :**

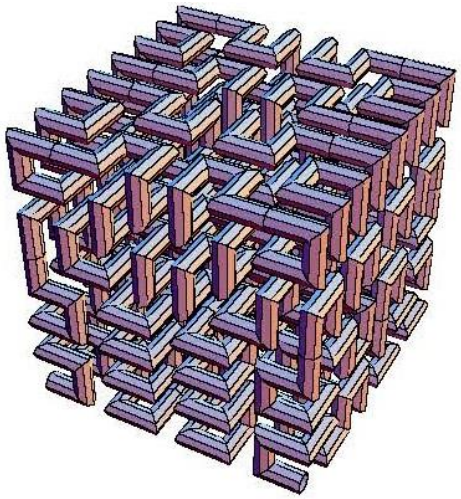
الأستاذ علي نصبة (قسم الإعلام الآلي)

المهندسة إيمان براهيمي

رياضيات

منحنيات الملء

حمزة خليف
أستاذ رياضيات، متقاعد
hkhelif@gmail.com



منحني هيلبرت في $\mathbf{R}^3$

يستعمل النصّ الحروف العربية الإضافية الآتية في كتابة بعض أسماء العَلَم الأعجمية:
پ(p)، ڤ (g)، ڤ (v)، ٻ (é، è، e، ...)، ۆ (œ، eu، e)، و(o)، وُ(ou).

1. منحنيات الملء

كانت الفكرة القائلة إنّ جميع المنحنيات ليس لها سُمْك ومن ثَمّ فإنّ لها مساحةً منعدمةً، وإنّ عدد النقط في قطعة مستقيمة أقلّ من عدد تلك الموجودة داخل مربّع قائم على هذه القطعة، إرثا رياضياتيا مسلّما به منذ الأزل؛ ولكنّ هذه الفكرة استسلمت أخيرًا للروح الحيويّة و"المشكّكة" لبعض علماء الرياضيات. منذ أكثر من قرن، كان هؤلاء الرياضياتيون يتساءلون عن وجود منحنيات تمرّ عبرَ جميع نقط أجزاءَ من $\mathbf{R}^n$ ، $n \geq 2$ ، قياساتها (مساحة، حجم، ...) غير منعدمة، كمربّع الوَحدة $[0,1]^2$ في $\mathbf{R}^2$ أو المكعّب $[0,1]^3$ في $\mathbf{R}^3$ ، على سبيل المثال. بمعنى آخر، كانوا يتساءلون عن وجود منحنيات تملأ هذه الأجزاء ومن ثَمّ فهي مساوية لها، ما يعني ببساطة وجود منحنيات مساحتها غير منعدمة! (1)

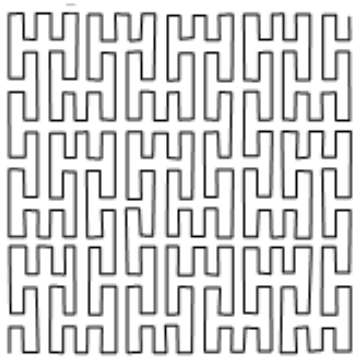
منحنيات مساحتها منعدمة

منحنيات مساحتها أو حجمها غير منعدم

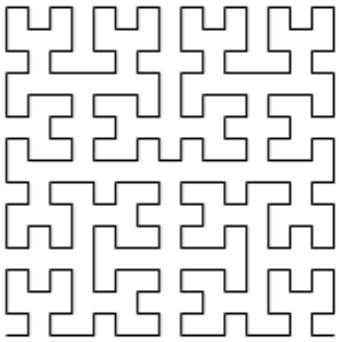
كان جوسبي پيانو (Giuseppe Peano) أوّل من أعطى جوابا إيجابيا عن هذا السؤال من خلال إنشاء أوّل مثال على هذا المنحني في عام 1890. (2)

بعد ذلك أُعطيت أمثلة أخرى من طرف كلٍّ من دَفيد هيلبرت (David Hilbert) في عام 1891، وإيلَياكيم هاستينڤس مور (Eliakim Hastings Moore) في عام 1900، وهَنري لوّبڤ (Henri-Léon Lebesgue) في عام 1904، وڤاتسواف شيرپينسكي (Waclaw Sierpinski) في عام 1912، وجورج پوليا (George Pólya) في عام 1913، إلخ. منذ ذلك الحين يسمّي الرياضياتيون المنحنيات المعرّفة بطرق تكرارية، والتي تتمتّع بهذه الخاصية، منحنيات الملء، المنحنيات المالئة، أو أيضا منحنيات پيانو.

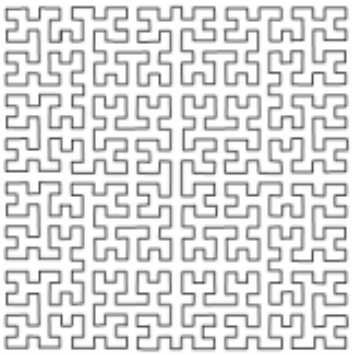
توضّح الأشكال من 1 إلى 6 الآتية، على التتابع، منحنياتٍ تقريبيةً لهذه المنحنيات الستّة. (3)



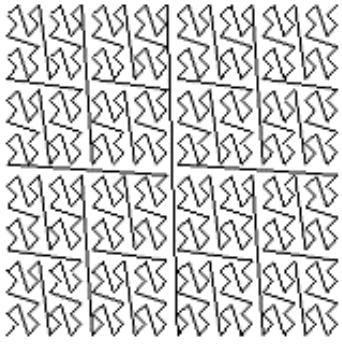
الشكل 1



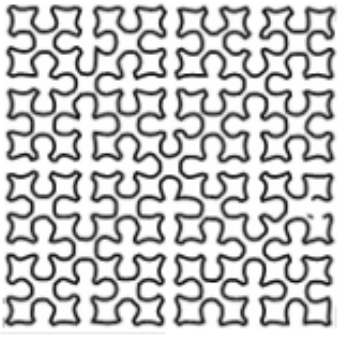
الشكل 2



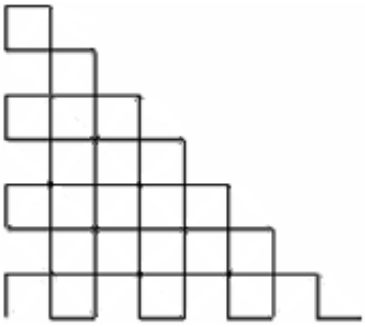
الشكل 3



الشكل 4



الشكل 5



الشكل 6

يمكن تعميم هذه الإنشاءات بسهولة في البعد 3. (4)

2. البعد الكُسوريّ

لم يعد الاهتمام بالبعد الطوبولوجيّ لهذه المنحنيات قائما ولكن انتقل إلى البعد الكُسوريّ (المُدرج من طرف بوّنوا ماندبلبرو (Benoît Mandelbrot) الذي فتح مَهيَعا من الطرق نحو الهندسة الكُسورية)

$$d = \lim_{\varepsilon \to 0} \left(\frac{\ln N_\varepsilon}{-\ln \varepsilon} \right)$$

حيث N_ε هو الحدّ الأدنى لعدد الكرات التي يبلغ شعاعها (نصف قطرها) ε والتي تغطّي المنحني.

هذا البعد، المحصور بين 0 و1 (على التوالي 1 و2، 2 و3)، يتوافق مع سعة مجموعة من النقط (على التوالي خط، سطح) لملء خط (على التوالي سطح، حجم) جزئيًا، دون أن ينجح تمامًا، بسبب عدم الحصول على القيمة الصحيحة 1 (على التوالي 2، 3) للبعد الطوبولوجيّ الذي وحدَه يسمح بذلك. على سبيل المثال، البعد الكُسوريّ للمنحنيات المذكورة أعلاه يساوي 2.

نلاحظ أنّ هذه المنحنيات مستمرّة وأنّ لبعضها، كمنحني لوّبيق، مُماسا في كلّ من نقطه تقريبًا. ومع ذلك، يمكن تبيان عدم وجود منحني ملء قابل للمفاضلة في كلّ من نقطه.

من الطبيعيّ جدّا أن نتساءل عن إمكانية تعميم هذه النتائج إلى أجزاء أخرى من $\mathbf{R}^n$.

ربّما تعطي المبرهنة الآتية جوابا عامّا عن تساؤلنا هذا.

مبرهنة مازوركيفيتش (Hahn-Mazurkiewicz)

يمكن لفضاء لـ هاوسدورف (منفصل) غير خال أن يُملأ تماما بمنحن مستمرّ، إذا وفقط إذا كان متراصّا، ومترابطا، ومترابطا محلّيا وقابلا للأمترة (5).

سبق أن أثبت فيليكس هاوسدورف أنّ "كلّ مجموعة متراصّة صورة مستمرّة لمجموعة كانتور". (6)

3. بعض تطبيقات منحنيات الملء

إنّ منحنيات الملء، التي أضحت تشكّل بالفعل جزءًا من الهندسة الكُسورية التي تمّت دراستها بالتفصيل من قبل بوّنوا ماندبلبرو، تواصل جذب اهتمام الرياضياتيين والمعلوماتيين على حدّ سواء؛ ليس بسبب ميزتها المسلّية وبنيتها الترددية الأنيقة فحسب، ولكن أيضا لأنها ظهرت مفيدة في ميادينَ علميةٍ شتّى.

إنها تسمح باختصار "مشكلات القرب" في الأبعاد العليا إلى مشكلة أَحادية البعد (طريقة أليبنور (7)). تسمح الطبيعة التكرارية لهذه المنحنيات (مثل منحني هيلبرت، على وجه الخصوص) باستخدامها للفهرسة الهرمية للمعطيات في أبعاد عليا، ولتخزين المعطيات متعدّدة الأبعاد في قاعدة معطيات واسترجاعها.

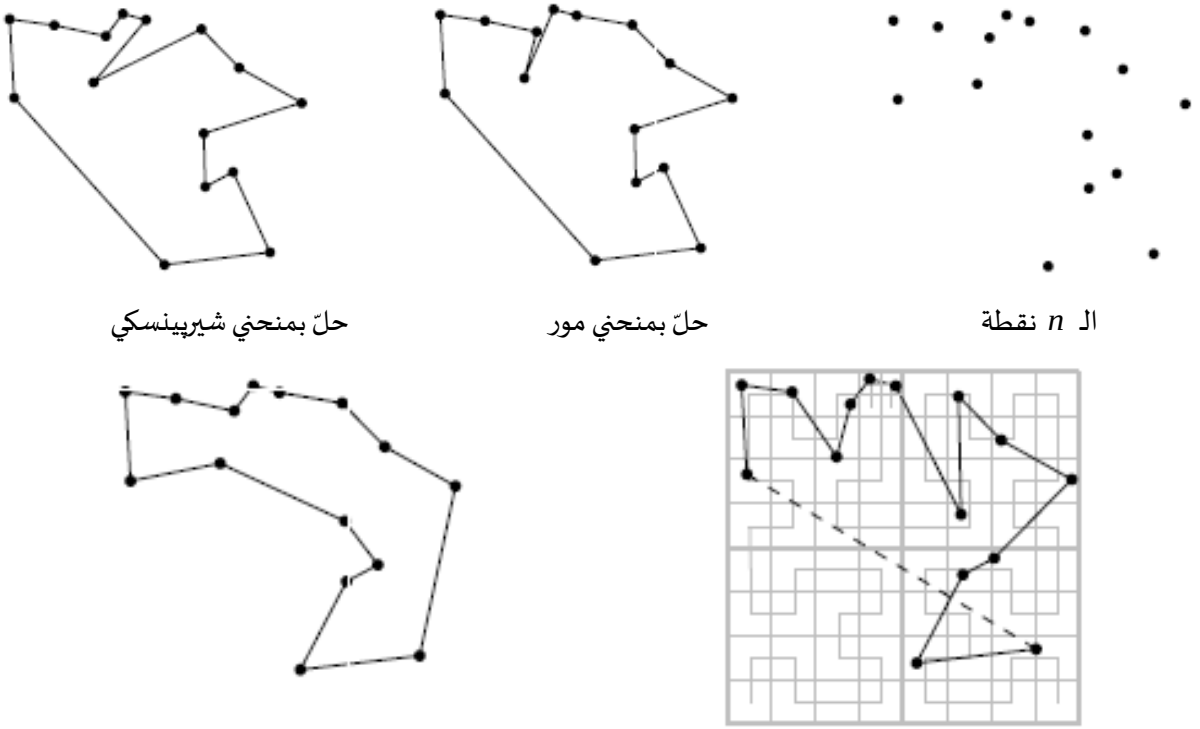
تُستعمَل في الأمثلة التوافيقية، على سبيل المثال، في حلّ مشكلة "البائع المتجوّل" الشهيرة:

لتكن n نقطة (مدينة) من $\mathbf{R}^n$ ولتكن المسافات التي تفصل بين كلّ اثنتين منها. يُطلَب تحديد مسارٍ ذي طول كلّيّ أدنى يمرّ مرة واحدة (بالضبط) بكلّ نقطة ويعود إلى نقطة الانطلاق.

انظروا الشكل 7 حيث يتوفّر حلّ "جيّد" من خلال منحني هيلبرت، والذي يُترجم في لغة نظرية البيانات على النحو الآتي: "العثور على دورة هاميلتونية في بيان تامّ معطى" (بالنسبة إلى التطبيقات في التوافيقيات، انظروا على سبيل المثال هنا وللحصول على شيء من الفنّ الهندسيّ التجريديّ، انظروا هنا.).

تبوّأت هذه المنحنيات مكانتها في أنظمة ضغط الصور، في الهندسة أين تصنع مسارات عشوائية على السطوح، والتي تعطي خلفياتٍ جماليةً لصور معينة (التوْليف أو اللجَب (Dithering) الذي يعني تجاور نقط، ومزج نقط ذات ألوان مختلفة لإنشاء ألوان وسيطة. ووفقا لـ ويكيبيديا: تحويل صورة ذات تدرّج رماديّ إلى أبيض وأسود، بحيث تقارب كثافة

النقط السوداء في الصورة الجديدة متوسّط مستوى الرماديّ في الصورة الأصلية) (انظروا المرجع 2. ص 100-102)، في التصوير الطبّيّ، إلخ.



الـ n نقطة — حلّ بمنحني مور — حلّ بمنحني شيرپينسكي

حلّ بمنحني هيلبرت — المسار الأقصر

الشكل 7

4. المنحنيات الـ α - كثيفة

إذا كانت المنحنيات التي تملأ جزءًا من الفضاء تمرّ بجميع نقط هذا الجزء، فهناك أنواع أخرى من المنحنيات التي لا تتمتّع بهذا الامتياز ولكن مع ذلك يمكنها الاقتراب من كلّ نقطة في هذا الجزء من الفضاء بمسافة أقلّ من عدد موجب ثابت α أو تساويه. نسمّي هذه المنحنيات "المنحنيات الـ α - كثيفة". تُستعمل هذه المنحنيات على نطاق واسع في الأمثلة الشاملة (من بين ما تتمّ دراسته في هذا المجال مشكلة "حقيبة الظهر" ومشكلة "النقل" وغيرهما)، والطبّ الأحيائيّ أو الحيويّ، وما إلى ذلك.

على سبيل المثال، حلزون أرخميدس المعرّف في الإحداثيات القطبية بالمعادلة

$$\rho = a\theta$$

هو πa - كثيف (الشكل 8).

بصورة عامّة،

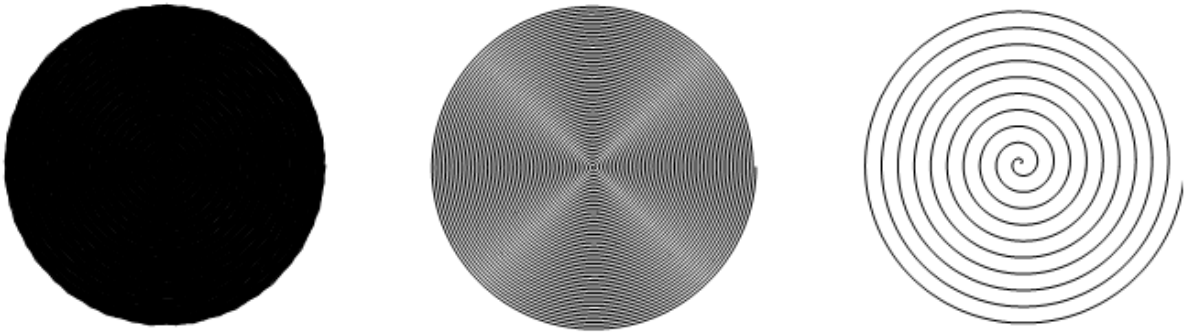
ليكن $\alpha \in \mathbf{R}^+$، α. نقول إنّ فضاء جزئيا A من فضاء متريّ (E,d) - α - كثيف في E إذا تحقّق الآتي

$$\forall m \in E, \exists m' \in A : d(m,m') \le \alpha.$$

يكون المنحن γ - α - كثيفا في فضاء جزئيّ K من $\mathbf{R}^n$ إذا كان γ، كفضاء جزئيّ من K، - α - كثيفا في K، أي إذا كان

$$\forall m \in K, \exists m' \in \gamma : d(m,m') \le \alpha.$$

ينتج من ذلك على الفور أنه إذا كان منحن α - كثيفا في K فإنه β - كثيف في K أيا كان β بحيث يكون $\alpha \ge \beta$.



الشكل 8. منحن $\frac{\pi}{10}$- كثيف في $\mathbf{R}^2$

يمكن إذن اعتبار أيّ منحن يملأ فضاء منحنيا 0- كثيفا في هذا الفضاء، نظرا إلى أنّه في هذه الحالة تنطبق كلّ نقطة من هذا الفضاء الحاضن على نقطة من المنحني.

بعد هذه النظرة العامة الموجزة على منحنيات الملء والمنحنيات الـ α- كثيفة، وإذا سمحنا لأنفسنا أن نتوغّل أكثر في هذه "الغابة الكثيفة" من المنحنيات، يمكننا أن نشير إلى مجموعة أخرى من المنحنيات، ربّما تكون أقلّ أهمية من المنحنيات السابقة، لكنها مع ذلك ليست خالية من الجمال والفائدة؛ هذه هي المنحنيات الـ α- كثيفة أيّا كان العدد الموجب α (كون ذلك مستقلا عن α يستدعي التخلّص من هذا الأخير)، أيْ المنحنيات الكثيفة، التي سمّيتها في كلٍّ من المرجعين 2 و 3 منحنيات الملء الضعيف (لا أعرف ما إذا كان هذا المصطلح موجودا بالفعل من قبل أم لا).

نتّفق إذن على أنّ منحنيا يملأ بشكل ضعيف جزءًا من فضاء ما، هو منحن موجودٌ تقريبًا أينما كان في هذا الجزء، حيث يمكنه الاقتراب من كل نقطة من نقطه بقدر ما نريد. (في الحياة اليومية، الملء نسبيّ تماما. على سبيل المثال، يمكن أن تستوعب علبة "مملوءة" بالحصى بحجم معيّن مزيدا من الحصى من حجم أصغر، أو من الرمل، أو من الماء، وما إلى ذلك.)

أمثلة

نقدّم فيما يأتي نماذجَ لهذه المنحنيات معرّفةً بتمثيلات وسيطية بسيطة.

1. المنحنيات المعرّفة في المستوي بالمعادلتين الوسيطيتين

$$x = a\cos\alpha t,\ y = b\sin\beta t$$

حيث a و b موجبان و $\frac{\alpha}{\beta}\notin\mathbf{Q}$ (نقول إنّ α و β $\mathbf{Q}$ - مستقلّان) تملأ بصورة ضعيفة المستطيل $[-a,a]\times[-b,b]$.

على سبيل المثال، المنحني المعرّف بـ

$$x = \cos\sqrt{2}t, y = \sin t$$

كثيف في المربّع $[-1,1]^2$ وهو إذن يملأ هذا المربّع بطريقة ضعيفة (المنحني لا يشمل مثلا مركز المربّع). (الشكل 9)

2. يمثّل الشكل 10 المكعّب $[-1,1]^3$ مملوءا بصورة ضعيفة بواسطة المنحني "الأجنف" المعرّف بالتوسيط

$$x = \cos\sqrt{3}t, y = \cos\sqrt{2}t, z = \sin\pi t.$$

3. كذلك فالمنحنيات المعرّفة في الإحداثيات القطبية بالمعادلة

$$\rho = a + b\cos\alpha\theta$$

حيث a و b موجبان و α غير ناطق، تملأ بصورة ضعيفة الحلْقة الدائرية

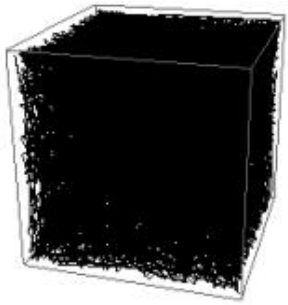
$$|a-b| \le \rho \le a+b\,.$$

على سبيل المثال، المنحني المعرّف بـ

$$\rho = 2+\cos\sqrt{2}\theta$$

يملأ بصورة ضعيفة الحلقة المعرّفة بـ $1 \le \rho \le 3$. (الشكل 11)

الشكل 9



الشكل 10

الشكل 11

التعليقات

1. في عام 1878، أثبت جورج كانتور (Georg Cantor) أنّ لمنوّعتين تفاضليتين (أو قابلتين للمفاضلة أو ملساوَين) ذواتَيْ بعدين منتهيين نفسَ (العدد) الأصليّ بصرف النظر عن هذين البعدين. تستلزم هذه النتيجة، على سبيل المثال، وجود تقابل بين المجال $[0,1]$ و"الفوق مكعّب" $[0,1]^n$ كالمربّع في $\mathbf{R}^2$ والمكعّب في $\mathbf{R}^3$. في عام 1879، أثبت يوجين نيتّو (Eugen Netto) من خلال مبرهنته: "التقابلات المستمرّة بين المنوّعات التفاضلية تحفظ البعد"، أنه لا يوجد تقابل مستمرّ بين منوّعتين تفاضليتين ذواتَي بعدين مختلفين. التقابل الذي أورده كانتور هو إذن بالضرورة منقطع أي غير مستمرّ.

تمّ التخلّص من شرط التقابلية، والسؤال حول وجود منحنيات جوردًا (بتفخيم حرف الدّال) [ʒɔʁdɑ̃] (Camille Jordan) (منحني جوردًا هو صورة تطبيق مستمرّ φ من المجال $[0,1]$ في المستوي بحيث يكون $\varphi(0)=\varphi(1)$ وبحيث يكون اقتصار φ على المجال المفتوح $]0,1[$ متباينا.) احتلّ مكانه. أعطى ويليام فُوق أُسْغُود (William Fogg Osgood) إجابة إيجابية في عام 1903 عندما أنشأ عائلة ذات وسيط، قياس لوبيغ لمنحنياتها غير منعدم والقوس الذي يحدّ العائلة هو منحني بيانو. في عام 1917، أعطى كونراد كنوب (Konrad Theodor Hermann Knopp) عائلة أخرى من المنحنيات قوسها الحادّ هو منحني شيربينسكي (المرجع 5، الصفحتان 1 و 2).

2. "Sur une courbe qui remplit toute une aire plane", Math. Ann., vol. XXXVI, 1890

3. للحصول على تفاصيلَ أوفرَ حول تعريف هذه المنحنيات وخصائصها، عودوا إلى المراجع المذكورة في آخر النصّ.

4. ها هي طريقة (المرجع 3، ص 1245) لإنشاء منحن يملأ متراصًا K من $\mathbf{R}^n$، يُفترض أنه اتحادٌ لـ p متراصًا $K_{1,0}$، $K_{1,1}$، ...، $K_{1,p-1}$ متشابها مع K ومرقّما بحيث يمُسّ كلّ متراصّ المتراصّ الذي يليه.

نقسّم بعد ذلك كلًّا من هذه المتراصّات إلى p متراصًا متشابها دائما مع K، الأمر الذي يُعطي p^2 متراصًا $K_{2,0}$، $K_{2,1}$، ...، K_{2,p^2-1} مرقّما بحيث تغطّي الـ p متراصًا الأولى $K_{1,0}$ وتغطّي الـ p متراصًا التي تلي هذه $K_{1,1}$، وهكذا ...، وتغطّي الـ p متراصًا الأخيرة $K_{1,p-1}$، وبحيث يمُسّ كلّ متراصّ المتراصّ الذي يليه.

إذا واصلنا العمل على هذا المنوال فسنحصل في المرحلة n على متتالية من p^n متراصًا $K_{n,0}$، $K_{n,1}$، ...، K_{n,p^n-1} يلتقي كلّ اثنين متتابعين منها وتغطّي على الترتيب المتراصّات $K_{n-1,0}$، $K_{n-1,1}$، ...، $K_{n-1,p^{n-1}-1}$.

ليكن الآن t عنصرا من المجال $[0,1[$. نضع $K_n(t)=K_{n,[p^n t]}$ حيث يُشير $[p^n t]$ إلى الجزء الصحيح للعدد $p^n t$. بالنسبة إلى t مثبّت، تشكّل الـ $K_n(t)$ متتاليةً من المتراصّات المتداخلة يؤول "حجمها" إلى 0 ويُختصر تقاطعها إذن على نقطة $M(t)=(x_i)_{1\le i\le n}$. المنحني المُوَسَّط $t\mapsto M(t)_{0\le t<1}$ مستمرّ بانتظام ويُمدّد إلى منحن $t\mapsto M(t)_{0\le t\le 1}$ يملأ المتراصّ K.

5. نصطلح على أنّ الأمتَرة هي التزويد بمترية وهي تختلف إذن عن التمتير الذي يعني القياس باستعمال متر.
6. F. Hausdorff, *Mengenlehre*, third, revised edition of (1914), Translated by J.R. Auman as *Set Theory*, Chelsea, New York, 1962, pp. 154, 226.
7. طريقة أليبنور (Aliénor) تسمح بتحويل مشكلةٍ أمثَلةٍ في $\mathbf{R}^n$ إلى مشكلةٍ أمثَلةٍ أَحادية المتغيّر باستعمال تحويلٍ مُختزِلٍ يَستخدم منحنيا يملأ فضاءً بمعنى الـ α- كثافة. ابتكر هذه الطريقة Yves Cherruault و Arthur Guillez. لمزيد من المعلومات انظروا هنا أو هنا الفصل 9.

المراجع

[1] Cherruault, Y. et Mora, G. Optimisation globale: Théorie des courbes α-denses, Economica, 2005.
[2] Khelif, H. Le jardin des courbes, Dictionnaire raisonné des courbes planes célèbres et remarquables, 2e édition, 966 pages, KDP Amazon, 2020.
[3] Khelif, H. Le jardin des surfaces, Dictionnaire raisonné des courbes gauches, des surfaces et d'autres variétés célèbres et remarquables, 2048 pages, KDP Amazon, 2020.
[4] Peitgen, H.-O., Jürgens, H. and Saupe, D. Chaos and Fractals: New Frontiers of Science, Springer, 2004.
[5] Sagan, H. Space-Filling Curves, Springer-Verlag, 1994.
[6] http://teachout1.net/village/fill.html

الفيزياء والهندسة: الفيزياء كالهندسة والهندسة كالفيزياء
الجزء الثاني: صياغتا لاغرانج وَهاميلتون للميكانيكا الكلاسيكية

ناجي هرماس
أستاذ بقسم الرياضيات، جامعة زيان عاشور، الجلفة
nadjihermas@gmail.com

هذا المقال مُهدى إلى الأستاذ القدير محند موساوي الذي تغرَّبْ، وإلى ذكرى الأستاذ يوسف عتيق، رحمه الله، المترعة بالخير والعطاء.

1. مقدمة

في حدود عام 1602 تمكّن يوهانس كبلر Johannes Kepler، مستندًا إلى ملاحظات أستاذه تايخو براهي Tycho Brahe الرصدية، من صياغة قوانينه الفلكية الثلاثة الشهيرة، والتي نظر إليها كقوانين رصدية ميدانية ناتجة عن مُراقبات مباشرة للسماء لفترات طويلة.

لاحقًا استطاع نيوتن Newton التحقق من صحة هذه القوانين مستخدمًا القلم والورق وحدهما ومستندًا إلى مسلّمات وقوانين الميكانيكا الكلاسيكية، التي ساهم في وضعها. وقد أطلق هذا النجاح العلمي المذهل الذي حقّقه نيوتن العنان لعمليات بحث فكرية وتجريبية ضخمة وغير مسبوقة في تاريخ الغرب، كانت نتيجتها تأسيس النهضة العلمية الحديثة في الغرب. وعلى هذا الأساس يتفّق جل المؤرخين الغربيين على أنّ نيوتن هو الرجل رقم واحد في حضارتهم المعاصرة. وجعلَ نجاح نيوتن الفلاسفةَ الغربيين ينظرون بعين الدهشة والحيرة المزوجة بالرهبة إلى الرياضيات القادرة على وصف الأحداث الجارية في الكون، وقالوا من حينها الكثير جدًّا عن سرّ فعاليتها في حل مشكلات العلوم الطبيعية، وعن سر ممارستها من قِبَل الإنسان. ويعطي المرجع [8]، وهو مقال شهير للفيزيائي يوجين بول وينر Eugene Paul Wigner، لمحةً عن طبيعة وتَشعب هذا الموضوع الشائك.

أمّا وجهة نظر علماء الرياضيات إلى علمهم فقد تحدّدت بصورة شبه كاملة منذ نهاية القرن التاسع عشر الميلادي، وتحديدا بعد أن قدَّم كانتور Cantor إلى العالَم نظريته الرائدة في الرياضيات والمسماة "نظرية المجموعات"، والتي اعتبرت من حينها إلى غاية اليوم أساس الرياضيات. وأقرّ الكثير من علماء الرياضيات الكبار، وعلى رأسهم هيلبرت Hilbert، بأنّ الإطار الطبيعي الذي ينبغي أن تُؤسّس داخله الرياضيات المعتادة المستخدمة في حل مشكلات العلوم، والتي تدعى أيضا برياضيات النماذج Models، هو نظرية المجموعات الكانتورية Cantorian set theory، وهو ما تحقق على نحو كامل منذ بداية القرن العشرين. وتكفي لمحة سريعة للتأكد من أنّ جميع النظريات الرياضية المعتادة أو بالأحرى جميع النماذج الرياضية صيغت في عصرنا بلغة نظرية المجموعات $L_1\mathrm{Set}$، وهي لغة رياضية من الرتبة الأولى وتمتلك الأبجدية التالية:

- رموز الروابط المنطقية: $\neg$، $\wedge$، $\vee$، $\Rightarrow$، $\Leftrightarrow$؛
- رمزي المُكَمِّمين الوجودي والعمومي: $\exists$، $\forall$؛
- رمزي القوسين اليميني واليساري: $($، $)$؛
- رمز المساواة: $=$؛

- رمز الانتماء: $\in$؛
- رموز متغيرات أولى: x، y، z، ...؛
- رموز متغيرات ثانية خاصة بالمجموعات: X، Y، Z، ....

وهكذا فكلّ الصيغ التي نجدها في الرياضيات المعتادة هي في جوهرها 'كلمات' أو 'حشود' أو 'نضائد' لهذه الرموز، ويُعثر على الصيغ الصحيحة من بينها بالبرهان الرياضي المستند إلى المبادئ التوتولوجية وإلى المسلمات المنطقية:

- $\mathcal{P}[x \leftarrow t] \Rightarrow (\exists x)\mathcal{P}$؛
- $x = x$؛
- $t = s \Rightarrow (\mathcal{P}[x \leftarrow t] \Leftrightarrow \mathcal{P}[x \leftarrow s])$؛

والمُستخدم لقاعدتي الاستدلال:

$$\frac{\mathcal{P}, \mathcal{P} \Rightarrow \mathcal{Q}}{\mathcal{Q}} \left(\text{قاعدة القياس الاستثنائي Modus ponens}\right),$$

وَ

$$\frac{\mathcal{A} \Rightarrow \mathcal{B}}{(\exists x)\mathcal{A} \Rightarrow \mathcal{B}} \left(\text{قاعدة إدخال المُكمِّم الوجودي}\right),$$

حيث لا يظهر المتغير x حرًّا في الصيغة $\mathcal{B}$. ويمكن للقارئ المهتم بهذا الشأن أن ينظر إلى المرجعين [5] وَ[7].

إنها الطبيعة النحوية التي تبنّاها غالبية علماء الرياضيات منذ أكثر من قرن. وإنّ المرء لتستبد به الحيرة والدهشة حين يعلم أنّ كلمات الرياضيات المصاغة بهذه الطريقة البسيطة قادرة على وصف الأحداث الجارية في الكون والتنبؤ بمساراتها بدقة لا حدود لها، ولَيبدو هذا الأمر لغزا حقيقيا من ألغاز الوجود. وفي هذا السياق، هناك وجهة نظر مستندة إلى مبدأ الصَوْرنة (أو الشكْلنة) Principle of formalism المعلَن عنه من قِبَل هيلبرت وبورباكي Bourbaki:"الرياضيات هي لغات بشرية غير منطوقة، تتصف طريقة كتابة كلماتها وجملها بقدرات لا محدودة في الاختصار وإعادة التسمية وإدخال الرموز الجديدة ". ويبدو لي بأنّ الله منحنا إمكانيات معينة لاستخدام هذه اللغات الاستثنائية في فهم بعض أسرار الكون الذي نعيش فيه، والله أعلم.

منذ زمن نيوتن إلى غاية بداية القرن العشرين أُسست الرياضيات الواصفة للفيزياء، والتي تشكّلت في مجملها من نظرية المعادلات التفاضلية والصياغتين الهندسيتين الرائعتين للاغرانج Lagrange وهاميلتون Hamilton ومن هندسة ريمان Riemann، التي أُوكل إليها مهمة التعبير رياضياتيا عن نظرية النسبية العامة لأينشتاين Einstein. وهكذا أصبحنا ننظر إلى قوانين الفيزياء عبر الهندسة، فبدت لنا الفيزياء كالهندسة. بَيد أنّ سيدة من هذا العالَم اكتشفت ذات لحظة أنّ العكس أيضا صحيح، فالمبادئ والقوانين الفيزيائية ذات أصول هندسية، وأنّ ما يفعله الفيزيائيون هو أنهم ينظرون إلى الهندسة عبر الفيزياء، ومن ثمة تبدو لهم الأولى كالأخرى.

إيمي أمالي نويثر Emmy Amalie Noether (1882-1935) هي سيدة ألمانية من أصول يهودية ساهمت في عشرينيات القرن العشرين مع كل من إميل أرتين Emil Artin وهيلموت هاس Helmut Hasse وولفجانج كرول Wolfgang Krull وأوتوشراير Otto Schreier وبارتيلليندرت فان دير ويردين Bartel Leendert van der Waerden في ملحمة تأسيس الجبر المجرّد الحديث، والذي يُعدّ أهم منجزات المدرسة الألمانية للرياضيات في العصر الحالي. اعتبرت نويثر أيقونة في الرياضيات، حيث وصفها أينشتاين ذات لحظة بأنها أهم عبقرية إبداعية في الرياضيات ظهرت منذ أن سُمح رسميا للنساء بمزاولة التعليم العالي. بيد أنّ نويثر واجهت وضعا مأساويا في عام 1933 حين صرفها النازيون، كونها يهودية، عن العمل في جامعة غوتنغن Göttingen، فرحلت إلى الولايات المتحدة، وتوفيت بعد ذلك بعامين من النشاط الجامعي.

إيمي أمالي نويثر

في عام 1918 قدّمت نويثر مساهمة، في إطار صياغة لاغرانج Lagrangian formalism، للميكانيكا الكلاسيكية، ولديها في هذا الشأن مبرهنة مذهلة تحمل اسمها تؤكد أنّ معظم قوانين الحفظ الخاصة بالجمل الميكانيكية الكلاسيكية ذات منشأ هندسي؛ أي أنها ناتجة عن تناظرات حافظة لدالة لاغرانج، الأمر الذي أنار درب البحث للفيزيائيين، الذين أصبحوا يُقابلون بين قوانين الانحفاظ الفيزيائية وبين التناظرات الهندسية الحافظة لخواص دالة لاغرانج. وحتى في حالات قوانين الانحفاظ القليلة حيث لا يكون التناظر واضحًا، كانوا مع ذلك يعتبرون الحفظ ناتجا عن تناظر خفي.

ساعد مبدأ نويثر الفيزيائيين في صياغة مسلّمات ميكانيكا الكم، واعتبروه لبنةً مهمة جدًّا في بناء الفيزياء المعاصرة. وبذلك ترسخت أكثر فأكثر في الأذهان الفكرة المُحيِّرة القائلة بأنّ القوانين الفيزيائية ناتجة عن البنية الهندسية للكون، والتي وفقها أصبحت الفيزياء تابعة على نحو ما للهندسة.

يهدف هذا المقال الثقافي والتعليمي إلى عرض وإثبات مبرهنة نويثر، ويُعنى الجزء الثاني منه بتقديم عرض يسير حول صياغتي لاغرانج وَهاميلتون للميكانيكا الكلاسيكية.

2. . الصياغة اللاغرانجية وإحداثياتها الهندسية الجديدة

لوصف حركات بعض النظم الميكانيكية، أدخل لاغرانج في عام 1790 إلى النظرية الرياضية للميكانيكا الكلاسيكية دالة جديدة

$$\mathfrak{L}: (q, \dot{q}) \mapsto \mathfrak{L}(q, \dot{q}),$$

مُعرَّفة في نظام إحداثي هندسي جديد $(q, \dot{q}) = (q^1, \dots, q^n, \dot{q}^1, \dots, \dot{q}^n)$. وحملت هذه الدالة منذ ذلك الحين الاسمين 'اللاغرانجيان' Lagrangian وَ'الدالة اللاغرانجية' Lagrangian function للجملة الميكانيكية قيد الدراسة، وهي تُأخذ غالبا مساوية للطاقة الحركية مطروحا منها الطاقة الكامنة. وقد برهن لاغرانج بأن معادلة نيوتن للحركة مكافئة لنظام المعادلات التفاضلية

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial \mathfrak{L}}{\partial \dot{q}^k}\right) - \frac{\partial \mathfrak{L}}{\partial q^k} = 0, 1 \leq k \leq n,$$

والمسماة 'معادلات أويلر-لاغرانج'. ولا شك في أن الكتابة الصريحة التالية لهذه المعادلات تساعد كثيرا على فهمها واستيعاب معناها:

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial \mathfrak{L}}{\partial \dot{q}^k} \circ \left(q, \frac{dq}{dt}\right)\right)(t) - \frac{\partial \mathfrak{L}}{\partial q^k}\left(q(t), \frac{dq}{dt}(t)\right) = 0, 0 \leq \mathrm{t} \leq \mathrm{T}, 1 \leq k \leq n,$$

حيث T عدد حقيقي موجب تماما.

في حوالي عام 1830، استطاع وليام هاميلتون William Hamilton مستخدما حيلة تفاضلية بارعة أن يثبت بأن منحى $q: t \mapsto q(t)$ يحقق هذه المعادلات، إذا وإذا فقط، حقق المبدأ التغيري Variational principle

$$\delta \int_0^T \mathfrak{L}\, dt = \delta \int_0^T \mathfrak{L}\left(q(t), \frac{dq}{dt}(t)\right) dt = 0,$$

والمعروف باسم 'مبدأ الفعل الحَرِج' Principle of critical action، حيث تشير δ إلى عملية تفاضلية معينة. في بداية القرن الثامن عشر لم يكن حساب التفاضل في الأبعاد غير المنتهية مؤسسا، ومن ثمة لم يكن بمقدور هاميلتون الاستفادة منه، ومع ذلك فقد قام بتطوير العملية التفاضلية δ على فراغ الداليات

$$q \mapsto \int_0^T \mathfrak{L}\left(q(t), \frac{dq}{dt}(t)\right) dt,$$

ذي البعد غير المنتهي على النحو الآتي:

$$\delta \int_0^T \mathfrak{L}\, dt = \frac{d}{ds} \int_0^T \mathfrak{L}\big(\Gamma(s,t), \partial_t \Gamma(s,t)\big)\, dt \Big|_{s=0},$$

علما أن Γ دالة معرفة على $]-\varepsilon, \varepsilon[\times [0, \mathrm{T}]$، وتحقق

$$(\forall t \in [0,T])\big(\Gamma(0,t) = q(t)\big),$$
$$(\forall s \in]-\varepsilon, \varepsilon[)\big(\Gamma(s,0) = q(0)\big),$$
$$(\forall s \in]-\varepsilon, \varepsilon[)\big(\Gamma(s,T) = q(T)\big).$$

تدعى Γ تغييرا ذا نهايتين ثابتتين للمنحنى q.

لنقم الآن ببعض الحساب. استنادا إلى قاعدة السلسلة لحساب التفاضل يمكننا أن نكتب

$$\frac{d}{ds} \int_0^T \mathfrak{L}\big(\Gamma(s,t), \partial_t \Gamma(s,t)\big)\, dt = \sum_{k=1}^n \int_0^T \frac{\partial \mathfrak{L}}{\partial q^k}\big(\Gamma(s,t), \partial_t \Gamma(s,t)\big) \frac{\partial \Gamma^k}{\partial s}(s,t) dt$$
$$+ \sum_{k=1}^n \int_0^T \frac{\partial \mathfrak{L}}{\partial \dot{q}^k}\big(\Gamma(s,t), \partial_t \Gamma(s,t)\big) \frac{\partial^2 \Gamma^k}{\partial s \partial t}(s,t) dt.$$

وعليه بمكاملة الطرف الأخير بالتجزئة نحصل على

$$\frac{d}{ds}\int_0^T \mathfrak{L}\big(\Gamma(s,t),\partial_t\Gamma(s,t)\big)$$
$$=\sum_{k=1}^{n}\int_0^T \frac{\partial\mathfrak{L}}{\partial q^k}\big(\Gamma(s,t),\partial_t\Gamma(s,t)\big)\frac{\partial\Gamma^k}{\partial s}(s,t)dt$$
$$-\sum_{k=1}^{n}\int_0^T \frac{\partial}{\partial t}\left\{\frac{\partial\mathfrak{L}}{\partial \dot{q}^k}\big(\Gamma(s,t),\partial_t\Gamma(s,t)\big)\right\}\frac{\partial\Gamma^k}{\partial s}(s,t)dt$$
$$+\sum_{k=1}^{n}\left\{\frac{\partial\mathfrak{L}}{\partial \dot{q}^k}\big(\Gamma(s,T),\partial_t\Gamma(s,T)\big)\frac{\partial\Gamma^k}{\partial s}(s,T)-\frac{\partial\mathfrak{L}}{\partial \dot{q}^k}\big(\Gamma(s,0),\partial_t\Gamma(s,0)\big)\frac{\partial\Gamma^k}{\partial s}(s,0)\right\}.$$

لكن الطرف الأخير يساوي 0 لأن

$$(\forall s\in\,]-\varepsilon,\varepsilon[)\left(\frac{\partial\Gamma}{\partial s}(s,T)=\frac{\partial\Gamma}{\partial s}(s,0)=0\right),$$

وبالتالي فإنه لدينا

$$\delta\int_0^T \mathfrak{L}\,dt=\sum_{k=1}^{n}\int_0^T\left\{\frac{\partial\mathfrak{L}}{\partial q^k}\left(q(t),\frac{dq}{dt}(t)\right)-\frac{\partial}{\partial t}\left\{\frac{\partial\mathfrak{L}}{\partial \dot{q}^k}\left(q,\frac{dq}{dt}\right)\right\}(t)\right\}\frac{\partial\Gamma^k}{\partial s}(0,t)dt$$
$$=\sum_{k=1}^{n}\int_0^T\left\{\frac{\partial\mathfrak{L}}{\partial q^k}-\frac{\partial}{\partial t}\left(\frac{\partial\mathfrak{L}}{\partial \dot{q}^k}\right)\right\}\frac{\partial\Gamma^k}{\partial s}(0,t)dt.$$

من هنا يبدو واضحا أنه إذا كان المنحنى q يحقق معادلات أويلر-لاغرانج، فإنه يحقق أيضا مبدأ الفعل الحرج

$$\delta\int_0^T \mathfrak{L}\,dt=0.$$

بالعكس، لنفرض الآن أن هذا المبدأ هو المُحَقق، ولنضع

$$\Gamma(s,t)=s\varphi(t)+q(t),s\in\mathbb{R},t\in[0,T],$$

حيث φ دالة كيفية تحقق الشرط $\varphi(0)=\varphi(T)=0$. ليس صعبا الملاحظة بأن Γ هي تغيير ذو نهايتين ثابتتين للمنحنى q، وعليه يأتي

$$\delta\int_0^T \mathfrak{L}\,dt=\sum_{k=1}^{n}\int_0^T\left\{\frac{\partial\mathfrak{L}}{\partial q^k}-\frac{\partial}{\partial t}\left(\frac{\partial\mathfrak{L}}{\partial \dot{q}^k}\right)\right\}\varphi^k(t)dt=0.$$

لكن بما أن الدوال φ^k، $1\le k\le n$، هي كيفية، فإن هذه المساواة تؤدي حتما إلى معادلات أويلر-لاغرانج

$$\frac{\partial\mathfrak{L}}{\partial q^k}-\frac{\partial}{\partial t}\left(\frac{\partial\mathfrak{L}}{\partial \dot{q}^k}\right)=0,1\le k\le n.$$

3. الصياغة الهاميلتونية وإحداثياتها الهندسية

لقد أوضحنا الخطوة التقنية الأولى التي قام بها هاميلتون، بينما تتمثل خطوته التقنية الثانية في قيامه هو الآخر بإدخال نظام إحداثيات جديد (q,p)، وذلك بوضع

$$p_k=\frac{\partial\mathfrak{L}}{\partial \dot{q}^k}(q,\dot{q}),1\le k\le n,$$

ثم تعريفه لدالة جديدة $\mathcal{H}: (q,p) \mapsto \mathcal{H}(q,p)$، أطلق عليها من حينها اسم هاميلتوني Hamiltonien الجملة الميكانيكية، على النحو الآتي

$$\mathcal{H}(q,p) = \sum_{k=1}^{n} p_k \dot{q}^k - \mathfrak{L}(q,\dot{q}).$$

ولقد استطاع هاميلتون أن يثبت، تحت فرضية أن التحويل النقطي $(q,\dot{q}) \mapsto (q,p)$-والمسمى تحويل لوجندر- قابل للعكس، بأن معادلات أويلر-لاغرانج مكافئة للمعادلات التالية الحاملة لاسمه

$$\begin{cases} \dfrac{dq^k}{dt}(t) = \dfrac{\partial \mathcal{H}}{\partial p_k}\big(q(t),p(t)\big); \\ \dfrac{dp_k}{dt}(t) = -\dfrac{\partial \mathcal{H}}{\partial q^k}\big(q(t),p(t)\big), \end{cases}$$

والتي تتمتع بتناظر مدهش، الأمر يكشف عن غناها الهندسي. ويمكن صياغة هذه الجملة كما يلي

$$\begin{cases} \dfrac{dq}{dt}(t) = \nabla_p \mathcal{H}\big(q(t),p(t)\big); \\ \dfrac{dp}{dt}(t) = -\nabla_q \mathcal{H}\big(q(t),p(t)\big), \end{cases}$$

حيث $\nabla_q \mathcal{H} = \big(\partial_{q^1}\mathcal{H}, \dots, \partial_{q^n}\mathcal{H}\big)$ وَ $\nabla_p \mathcal{H} = \big(\partial_{p_1}\mathcal{H}, \dots, \partial_{p_n}\mathcal{H}\big)$.

في الحقيقة لم تكن أفكار لاغرانج وهاميلتون المُشار إليها أصيلة وذات أهمية قصوى في الميكانيكا الكلاسيكية فحسب، وإنما أيضا كشفت، وهذا هو الأهم، النقاب عن عالَم هندسي خفي شديد الثراء بالأفكار الجديدة، عالم أطلق عليه هيرمان ويل Hermann Weyl في عام 1939 اسم الهندسة 'الهندسة التشابكية' Symplectic geometry. فإحداثيات لاغرانج تنتمي إلى ما يعرف في الهندسة التفاضلية باسم الحزم المماسية The tangent bundles، بينما تنتمي مثيلتها التي حدثنا عنها هاميلتون إلى ما يعرف بالحزم التَّمَماسية The cotangent bundles، وهي كلها بنى هندسية حديثة لم يتم دراستها على نحو جاد إلا بداية من خمسينيات القرن العشرين.

وأسوة بنجاح أفكار لاغرانج وهاميلتون في إيجاد طرق هندسية جديدة فعالة في صياغة ومعالجة مسائل الميكانيكا الكلاسيكية، يتم في الوقت الحالي دراسة الهندسة التشابكية وزميلتها هندسة بواسون Poisson geometry بشكل مكثف على أمل حل المشكلة الأهم والأشهر في الفيزياء الراهنة، وهي العثور على إطار مُوحِد لنظريتي النسبية العامة وميكانيكا الكم.

يُتَّبَع في الجزء الثالث.

مراجع للاستزادة

[1] Abraham, R. and Marsden, J.E., Foundations of Mechanics, Addison-Wesley, Redwood City, 1987.
[2] Arnold, V. I., Mathematical Methods of Classical Mechanics, Springer-Verlag, New York, 1989.
[3] Deriglazov, A., Classical Mechanics: Hamiltonian and Lagrangian Formalism, Springer International Publishing Switzerland, 2017.
[4] Godbillon, C., Géométrie différentielle et mécanique analytique, Hermann, Paris, 1969.
[5] Jech, T., Set Theory, The Third Millennium Edition, Revised and Expanded, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 1997, 2003.

[6] Marsden, J.E. and Ratiu, T.S., Introduction to Mechanics and Symmetry: A Basic Exposition of Classical Mechanical Systems, Springer-Verlag, New York, 1999.
[7] Tourlakis, G., Lectures in Logic and Set Theory, Volume 2: Set Theory, Cambridge University Press, 2003.
[8] Wigner, E.P., The Unreasonable Effectiveness of Mathematics in the Natural Sciences, Communications on Pure and Applied Mathematics, Vol. 13 (1), 1960, 1-14.

***

وليام هاميلتون William Hamilton (1965-1805)

الرياضيات بجامعة الجزائر غداة 1962: مخاض عسير (1)

عمار القلّي[1] ومارتن زرنير Martin Zerner [2]

ترجمة: أبو بكر خالد سعد الله

مقدمة المترجم: نشر هذا المقال بعنوان "مسعى لتعاون مستقل: تشكيل فريق بحث في الرياضيات بالجزائر العاصمة (1966-1978)". لكننا فضلنا في هذه الترجمة عنوانا أكثر إيحاءً بالمضمون الذي نريد التركيز عليه. وها هو العنوان الأصلي:

Une tentative de coopération indépendante : Formation d'une équipe de recherche en mathématiques à Alger (1966-78).

وهذا مرجع المقال:

Amar El Kolli & Martin Zerner : *Une tentative de coopération indépendante*, Cahiers de la recherche sur l'éducation et les savoirs, 9, 2010, 93-113.

يلقي المقال الضوء على الأجواء التي كانت سائدة غداة استقلال الجزائر (1962) في جامعتها الوحيدة التي تسمى الآن جامعة بن يوسف بن خدة (الجزائر 1). كما يقدم معطيات تاريخية حول ما كان يجري في حقل الرياضيات بالجامعة، وهي معطيات يسردها شاهدًا عيان لم تتوفر في غير هذا المقال حسب علمنا. ولذا ارتأينا ترجمة المقال ونشره في مجلة بشائر العلوم ليطلع جمهورها على تلك المرحلة العويصة التي مرّت بها جامعة الجزائر، وعلى محاولة النهوض بالبحث العلمي في الرياضيات بالبلاد.

نشير إلى أن كل ما وضع بين عارضتين [ ] في النص هو إضافة من المترجم، كما أن كل تواريخ الميلاد والممات التي وضعت بين قوسين هي من المترجم أيضا. ونظرا لطول النص فسنقدم ترجمته في ثلاثة أقسام متسلسلة ضمن الأعداد المتوالية 9، 10، 11 من المجلة.

المترجم

العناوين الفرعية

أولا: تشكيل فريق بحث في الرياضيات

1. الرياضيات في الجزائر العاصمة بعد الاستقلال
2. بدايات دكتوراه الدور الثالث في الرياضيات
3. منعرج عام 1972.
4. المسيرة نحو الاستقلالية،
5. آفاق ما تم إنجازه،

[1] عمار القلّي: متقاعد، أستاذ سابق في معهد الرياضيات بجامعة هواري بومدين للعلوم والتكنولوجيا (الجزائر).

البريد الإلكتروني: ajelkolli@wanadoo.fr

[2] مارتن زيرنير Martin Zerner (1932-2017): أستاذ سابق بجامعة نيس (قسم الرياضيات)، وعضو مشارك في وحدة البحث UMR 7219 SPHERE التابعة للمركز القومي الفرنسي للبحث العلمي (CNRS)، في جامعة باريس 7 [المنضمة حاليا لجامعة السوربون Sorbonne Université].

ثانيا: تأملات

6. النوايا،
7. العراقيل،
8. الوسائل المتاحة،
9. تأملات في مشروع "مخروط الماء"،
10. خاتمة.

ملخص

كُتِب هذا المقال ليكون بمثابة شهادة حول تشكيل فريق بحث في الرياضيات بجامعة الجزائر العاصمة [الوحيدة في القطر آنذاك] خلال الفترة 1966-1978. يقدم الجزء الأول (تشكيل فريق بحث في الرياضيات) وصفا لما كان عليه الحال في هذه الجامعة. وبعد تقديم بسطة حول الوضع بعد الاستقلال، نقف عند ظروف انطلاق دكتوراه الدور الثالث (اختصاصها، وتنظيمها، والصعوبات التي واجهتها). وفي هذا السياق، نوضح لماذا وكيف شكّلت السنة الجامعية 1972-1973 سنة تحوّل مزدوجة في حياة فريق البحث وبنيته. أما الجزء الثاني (تأملات) فيستعرض بعض التأملات المبنية على ما جاء في الجزء الأول.

نحن نهتم هنا بدوافع مختلف الجهات الفاعلة. كما نتناول العقبات التي واجهت الفريق أثناء وضع المشروع على السكة. وقد حرصنا، بشكل خاص، على تسليط الضوء حول تأثير التكوين في الجامعات الفرنسية الذي كان يُعدّ آنذاك لدى عديد الرياضياتيين بمثابة المسلك الوحيد للنهوض بالرياضيات في الجزائر. وأخيرًا، سنشير إلى الظروف التي كانت تدفعنا إلى الاعتقاد بأنه باستطاعتنا التغلب، ولو جزئيا، على بعض تلك العقبات.

يُعدّ هذا المقال بمثابة شهادة مقرونة ببعض التأملات حول تشكيل فريق بحث في الرياضيات بالجزائر العاصمة بين عامي 1966 و 1978. لقد كان الهدف من هذا المشروع -على الأقل في أذهان أصحابه، ومنهم صاحبَا هذا المقال الجزائري [عمار القلّي] والفرنسي [مارتن زرنير] اللذان ساهما فيه من البداية حتى النهاية- أن يكون مناهضا لأي هيمنة [خارجية]. إن شهادتنا لا تمثّل سوى ما تمثله شهادات غيرنا. ولتنفيذ هذا العمل، اعتمدنا بشكل أساسي على محتوى الدراسات الاستقصائية التي أجريت مع مختلف الأطراف المعنية بالمشروع، فضلا عن بعض المصادر المكتوبة المدرجة في مختلف المدوّنات. نودّ هنا أن نشكر العديد من الزملاء الذين قدموا لنا ما لديهم من ذكريات. ووفقا للقواعد التي يقتضيها هذا النوع من الأعمال، فإننا نتحمل المسؤولية الكاملة عما سيرد في هذا المقال.

وقد تم تنظيم هذه الشهادات في جزأين: الجزء الأول [تشكيل فريق بحث في الرياضيات] هو من النوع السردي لواقع الحال حيث نقدم أولا بسطة حول تدريس الرياضيات في كلية العلوم بجامعة الجزائر العاصمة كما كان قائما غداة الاستقلال [بدءًا من 1962]. ثم نناقش الظروف التي سادت عند فتح دكتوراه الدور الثالث (دبلوم الدراسات المعمقة +الأطروحة) بعد الحصول على شهادة الليسانس (باك+3). كما نتناول اختصاص هذه الدكتوراه وتنظيمها وكذا الصعوبات التي واجهتها. وفي هذا السياق، نوضح كيف ولماذا شَكَّلت السنة الدراسية 1972-1973 نقطة تحوّل مزدوجة في حياة الفريق وبنيته. فمن ناحية، انخرط بعض أعضائه في مشروع عمل حول استغلال النفط. وبالموازاة مع ذلك، انتقل الأستاذ الفرنسي بيير غريسفارد Pierre Grisvard (1940-1994) ليقيم خلال تلك السنة الجامعية في الجزائر العاصمة [للتدريس بجامعتها]. وهكذا يمكن القول إن فريق البحث قد تمّ تشكيله في عام 1978.

أما الجزء الثاني [تأملات] فقد خُصص لبعض التأملات، والتي تعتمد بطبيعة الحال على المعطيات المقدمة في الجزء الأول. ونحن نشدد فيها على تلك الخاصة بالجزائر وبمجال بحثنا، وذلك من خلال التركيز على دوافع مختلف الجهات الفاعلة في المشروع. وبعد ذلك سنستعرض مختلف العقبات التي واجهتنا أثناء وضع هذا المشروع على السكة. وسنسلط بشكل خاص الضوء حول تأثير التكوين في الجامعات الفرنسية، الذي كان يُعدّ آنذاك لدى عديد الرياضياتيين بمثابة "المسلك الوحيد" للنهوض بالرياضيات في الجزائر. وعلى الرغم من أن الصعوبات الإدارية واللوجستية لم تقتصر بطبيعة الحال على تجربتنا، فإننا سنرى كيف دعّمت تلك الصعوبات عقيدة "المسلك الوحيد". وأخيرًا، سنشير إلى الظروف التي كانت تدفعنا إلى الاعتقاد بأنه باستطاعتنا التغلب، ولو جزئيًا، على بعض تلك العقبات.

أولا: تشكيل فريق بحث في الرياضيات

1. الرياضيات في الجزائر العاصمة بعد الاستقلال

لقد شهدت سنة 1957 نهاية البحث الرياضياتي في كلية العلوم بالجزائر العاصمة. فالباحث الشاب الوحيد النشط وذو المستوى الرفيع، كان موريس أودان Maurice Audin (1932-1957)، الذي كان مناضلا في الحزب الشيوعي الجزائري. وقد اعتقل هذا الشاب واغتياله على يد المظليين [الفرنسيين] في جوان 1957[3]. ثم غادر المشرف على أطروحته الرياضياتي الكبير، الأستاذ رينيه دي بوسيل René de Possel (1905-1974)، الجزائر العاصمة بصفة نهائية في ديسمبر من نفس السنة، وذلك بعد أن شارك في مناقشة أطروحة موريس أودان بباريس التي أجريت بصفة غيابية.

في عشية استقلال الجزائر، لم يكن هناك مدرّسون جزائريون للرياضيات في كلية العلوم بجامعة الجزائر. وبحلول نهاية السنة الجامعية 1961-1962، كان جميع الأساتذة، وكذا معظم المدرّسين الآخرين قد غادروا الجامعة. وظل في الجزائر عدد قليل من المعيدين والأساتذة المساعدين. ومن ثمّ تم تعيين ثلاثة أساتذة مبرّزين في الكلية، منهم رشيد توري (1928-1993)، الذي سيتم تعيينه قريبا عميدا لها. وتم التدريس بالمتوفر من المعيدين الذين حصلوا للتّو على شهادة الليسانس.

أمضى روجي غودمان Roger Godement (1921-2016)، الرياضياتي ذو السمعة العالمية -الذي كان أستاذا في كلية العلوم بباريس وعضوا في فريق بورباكي Bourbaki- السنة الموالية 1963-1964 في جامعة الجزائر. ورغم دور روجي غودمان المحفز فإن مروره بالجزائر كانت له آثار سلبية. ذلك أن رحيل غودمان قد تبعه إحباط عميق -لكنه كان مؤقتا- في صفوف المدرّسين الجزائريين، وخاصة لدى رشيد توري.

ها نحن في الدخول الجامعي لسنة 1964. وقد وصلت الدفعة الأولى لمتطوعي الخدمة الوطنية [الفرنسية] النشطة VSNA [4] : كلود باردوس Claude Bardos، الذي تخرج للتوّ من المدرسة العليا للأساتذة الكائنة بشارع أولم Ulm في باريس، ودانييل ليمان Daniel Lehmann، الذي زاول دراسته في المدرسة العليا للأساتذة سانت كلاود Saint Cloud بباريس، وهنري بوشوالتر Henri Buchwalter، وهو باحث شاب من مدينة ليون، ومارك رو Marc Roux، المعيد بكلية العلوم في جامعة مرسيليا. وفي الوقت نفسه وصل مصطفى رايس، وهو جزائري تحصل على درجة دكتوراه الدور الثالث في فرنسا. أما رشيد توري فكانت خيبته جرّاء مغادرة روجي غودمان جامعة الجزائر لازالت قوية. عرض هؤلاء المتعاونون على رشيد توري برنامجا يقضي بدعوة رياضياتيين فرنسيين، لمدة شهر واحد لكل منهم.

---

[3] انظر المرجع: Vidal-Naquet, 1958, 1989 .

[4] يشير الرمز VSNA في فرنسا إلى الحروف الأولى في التسمية Volontaires du Service National Actif، التي تعني المجندين في الجيش الفرنسي الذين يؤدون خدمتهم العسكرية كمتعاونين في الخارج.

هناك ستة رياضياتيين على الأقل استجابوا لهذه الدعوة، من بينهم جان بيير سير Jean-Pierre Serre وألكسندر غروتينديك Alexandre Grothendieck (1928-2014)، الحائزان على ميدالية فيلدز[5]. وكذلك روجي غودمان نفسه. ومن الشخصيات الأقل أهمية، هناك مارتن زرنير Martin Zerner، الذي كان آنذاك محاضرًا شابًا في كلية العلوم بمرسيليا. وبما أن كلود باردوس ودانييل ليمان يعرفانه شخصيا، فإنهما رَغِبا في استضافته، لكنهما ترددا في القيام بذلك خشية اتهامهما بالمحسوبية. وبما أن زرنير كان معروفًا أيضًا لدى مصطفى رايس، بحكم تقارب مجالي اختصاصهما، فقد تم اتخاذ قرار دعوته. والواقع أن زرنير ذاته تردد في تلبية الدعوة لأسباب سياسية قبل القبول. ذلك أنه كان ينتمي إلى اليسار المتطرف، دون أي انتماء تنظيمي، وكان يعتقد، مثل غيره، أن استقلال الجزائر سينقلها إلى حكم اشتراكي؛ وبالتالي فخيبة أمله جعلت منه ناقدًا للنظام السياسي [في الجزائر].

كانت سلسلة هذه المحاضرات [التي ألقاها المدعوون] ذات مستوى عالٍ لا يستوعبها بالشكل المناسب معظم المدرّسين المحليين. وخلال تلك الفترة، كان الأساتذة الجزائريون الشباب يتحلّون "بتواضع ... جعلهم يستأنفون بمفردهم الاطلاع على الدروس الموافقة للشهادة التي منحتها لهم جامعة الجزائر في العهد الاستعماري دون مراعاة تدنّي مستوى تحصيلهم" (Bardos *et al.*, 1986 : 21-22). ومن بينهم هؤلاء عمار القلّي [أحد كاتبي هذا المقال] وعبد الحفيظ مصطفاي (1935-2006). وقد حصلاَ على شهادة الليسانس عام 1961، ثم تمّ توظيفهما كمعيدين في بداية السنة الجامعية 1963.

غادر متطوعو الخدمة الوطنية [الفرنسية] الجزائر. ووصل أستاذ من نفس الفئة في بداية السنة الجامعية، وهو ماكس كروبي Max Karoubi، خريج المدرسة العليا للأساتذة (باريس)، وذلك بعد أن حثّه غروتينديك وسير، اللذان عادا إلى الجزائر في تلك السنة كمحاضرين مدعوين، كما حثّه أيضا هنري كارتان Henri Cartan [6] (1904-2008). وسيتْبع ماكس كروبي آخرون أقاموا لمدة عامين هما جان بيير جوانولو Jean-Pierre Jouanolou (من 1966 إلى 1968)، ولويس بوتيه دي مونفيل Louis Boutet de Monvel (1941-2014)، من 1967 إلى 1969، وكذا برنارد فيليبي Bernard Filippi (من 1968 إلى 1970)، وإيف لومباردي Yves Lombardi وميشيل فيرت Michel Wirth (خلال 1970-1971)[7]. لكن مصطفى رايس عاد إلى فرنسا بصفة نهائية، الأمر الذي كان محبطًا لمدرسي الرياضيات المحليين.

يمكننا أن نتوقف هنا في سرد القصة لنتساءل عن عمل كبار الرياضياتيين الفرنسيين، بدءًا من روجي غودمان. لقد مكّنوا بلا شك من انطلاق تدريس جيّد النوعية للرياضيات. ترك غودمان لدى الاتحاد الوطني للطلبة الجزائريين[8] مطبوعة دروس للسنة الأولى في جزءين تم استخدامها لفترة طويلة جدًا في جامعة الجزائر، ولم يكن لهذه المطبوعة مثيل في فرنسا. نشير إلى أن هؤلاء العلماء قد شجعوا رياضياتيين شباب [فرنسيين]، مكوَّنين تكوينا ممتازا، على القدوم إلى الجزائر، مثل فئة المجندين في الجيش الفرنسي الذين يؤدون خدمتهم العسكرية. ولعل احتمال زيارة هؤلاء الكبار للجزائر قد أثّر في قرار الشباب الذي جعلهم يتوجهون للعمل في هذا البلد، إلا أن هناك دوافع أخرى،

---

[5] كما نعلم، لا تمنح جائزة نوبل في الرياضيات. ميدالية فيلدز Fields هي أقرب وسام في الرياضيات لجائزة نوبل. مؤخرا [2003]، تم إنشاء جائزة آبل Abel المرموقة، وكان جان بيير سير هو أول من فاز بها. أما بالنسبة لغروتينديك، فقد كان عملاقا رياضياتيا حقيقيًا.

[6] كان هنري كارتان (1904-2008) أحد مؤسسي مجموعة بورباكي. وفضلا عن إنتاجه الرياضي المثير للإعجاب، كأستاذ في المدرسة العليا للأساتذة (باريس)، فقد ترك بصمة عميقة في جيل كامل من الرياضياتيين الفرنسيين.

[7] وجدنا في صفحة شخصية للأستاذ ميشيل فيرت قوله إنه كان في الجزائر بدءًا من سنة 1969 حتى أكتوبر 1971. كما لاحظ الأستاذ قدور لمرابط (الوارد ذكره أدناه) الذي كان طالبا آنذاك، أن الأستاذ إيف لومباردي غادر الجزائر بعد تلك الفترة (المترجم).

[8] يبدو أن روجي غودمان أراد أن يظل عمله في أيدي منظمة مستقلة.

سنعود إليها لاحقا. ومن جهة أخرى، نلاحظ أن الحياة الرياضياتية ظلت خارج قدرات الجزائريين. ذلك ما جعل فئة من هؤلاء يشعرون ببعض الازدراء من جانب روجي غودمان. وكما أسلفنا فلا بد أن نعترف بأن مستوى الرياضيات في كلية العلوم كان متدنّيًا. والحل الذي اقترحه غودمان حلّ كلاسيكي: إرسال الطلبة الممتازين إلى الخارج لتحضير أطروحاتهم. لقد خصّ بالذكر طالبًا في نهاية دراسته وغادر بالفعل إلى باريس في نفس الوقت الذي غادر فيه غودمان الجزائر، وناقش هذا الطالب أطروحته... لكنه لم يعد أبدًا إلى بلاده، وكان هذا الطالب الأول في هذه الفئة التي سلكت هذا المسلك. على أية حال، فقد أدى رحيلهم إلى حرمان الكلية من إسهامهم، فعلى الرغم من وجود بعض الدروس الرفيعة المستوى، فإن دروس الأعمال الموجهة لم تكن في المستوى المنشود.

كان رشيد توري وعبد الحفيظ مصطفاي قد شاركا [بموسكو]، خلال شهر أوت 1966، في المؤتمر الدولي للرياضياتيين الذي يعقد دورة كل أربع سنوات [9]. وهناك التقيا بمارتن زرنير [أحد كاتبي هذا المقال] وطلبَا منه مساعدتهما في فتح دكتوراه الدور الثالث[10]. لقد توفي رشيد توري وعبد الحفيظ مصطفاي ولا نعرف كيف تم اتخاذ القرار حول هذا الموضوع. لعل الاعتبارات التي سقناها آنفا تسمح بفهم الأسباب التي دفعت إلى فتح باب دكتوراه الدور الثالث في الرياضيات.

وافق مارتن زرنير على الاقتراح. وكان قد تحوّل للتوّ من جامعة مرسيليا إلى جامعة نيس لسبب يوضح ما سيحدث بعد ذلك: في سنة 1965، تم فتح كلية العلوم في نيس، وعيّن هناك أحد أشهر علماء الرياضيات الفرنسيين، وهو جون ديودوني Jean Dieudonné (1906-1992) بنيّة قوية لجعل الكلية مركزًا للأبحاث. والغرض من تحويل مارتن زرنير إلى نيس هو فتح دكتوراه الدور الثالث في تخصص معين: يتعلق الأمر بالتحليل، وبشكل أكثر دقة، المعادلات التفاضلية الجزئية، ومسائل التحليل التابعي المرتبطة بهذا الاختصاص.

كانت السنة الجامعية 1966-1967 سنة انتقالية. فقد غادر ماكس كروبي الجزائر، ووصل إلى الجزائر أحد المتعاونين المجندين في الجيش الفرنسي يؤدي الخدمة العسكرية، وهو جان بيير جوانولو Jean-Pierre Jouanolou، خريج المدرسة العليا للأساتذة (باريس) في دفعة كلود باردوس (1960). غير أن اختصاص جوانولو في مجال البحث ليس التحليل. وفي تلك الأثناء أدى زرنير زيارة أو زيارتين إلى الجزائر، وذلك لتقديم محاضرات والمشاركة في المناقشات والمساهمة في وضع مشروع فتح دكتوراه الدور الثالث على السكة.

2. بدايات دكتوراه الدور الثالث في الرياضيات

افتتحت أول شهادة في الدراسات العليا المسماة "دبلوم الدراسات المعمقة" سنة 1967-1968 مع الطالبين عمار القلّي وعبد الحفيظ مصطفاي، اللذين شرعا، تحت إشراف مارتن زرنير، في العمل البحثي في فرع التحليل.

قدِم لويس بوتيه دي مونفيل، خريج المدرسة العليا للأساتذة (دفعة 1960)، في إطار أداء الخدمة العسكرية في بداية هذه السنة الجامعية، وكان على وشك مناقشة أطروحته (دكتوراه الدولة) في التحليل. ومن ثمّ، فباستطاعته تقديم دروس لمستوى دبلوم الدراسات المعمقة في اختصاصه. وقد تأكدت مشاركة كل من باردوس وزرنير وآخرين في التدريس من خلال زيارات قصيرة تدوم أسبوعا أو أسبوعين. وهكذا شكل هؤلاء المدرّسون الثلاثة نواة مستقرة من الأساتذة الذين سيوفرون بانتظام تعليمًا مكملا خلال السنوات الموالية. وسيتم إثراء هذه النواة المستقرة خلال تلك الفترة.

[9] حول المؤتمر الدولي للرياضياتيين، انظر مثلا Curbera، 2009 أو Lehto ، 1998.

[10] انظر أدناه الشروحات حول النظام الفرنسي المعمول به بالجزائر في ذلك الوقت .

سمح فتح أول دبلوم في الدراسات المعمقة، بعد عام من استحداثه، وبالضبط في 25 سبتمبر 1969، بمناقشة دكتوراه الدور الثالث للطالبين عمار القلّي وعبد الحفيظ مصطفاي. وبعد ذلك تولّى عمار القلّي رئاسة قسم الرياضيات، وواصل العمل مع زرنير في إعداد دكتوراه الدولة؛ وأما عبد الحفيظ مصطفاي فتولى إدارة المدرسة العليا للأساتذة في القبة (الجزائر).

تواصل خلال السنة الجامعية 1968-1969 التدريس لطلبة دبلوم الدراسات المعمقة في التحليل مع الأستاذ بوتيه دي مونفيل كمدرّس مقيم في الجزائر، وكذا مع العديد من الأساتذة المدعوين لمدة أسبوع إلى أسبوعين، بما في ذلك برنارد مالغرانج Bernard Malgrange [11]، وكلود باردوس ومارتن زرنير، ولأول مرة الأستاذ بجامعة نيس، بيير غريسفارد Pierre Grisvard (1940-1994)، والذي سنتحدث عنه مرة أخرى لاحقا. وفي هذه الفترة تم إصدار (محليا) مطبوعة تتضمن دروس زرنير حول فضاءات سوبوليف Sobolev.

ومن بين الطلبة كان سعيد بن عاشور ومحند موساوي وجمال تنيو. وفي نهاية هذه السنة الدراسية، غادر سعيد بن عاشور وجمال تنيو إلى نيس لإعداد دكتوراه الدور الثالث تحت إشراف غريسفارد. أما محند موساوي (1947-2023) فغادر الجامعة لأداء الخدمة العسكرية.

وفي السنة الجامعية الموالية، تم افتتاح دبلوم الدراسات المعمقة في الجبر من قبل بن علي بن زغو؛ ولم يتضح لنا الأمر فيما إذا كان قد فتح دبلوم الدراسات المعمقة في التحليل في تلك السنة. على أية حال، استمرت زيارات الأساتذة المدعوين من الخارج، وبعضهم كان من النواة المستقرة.

أدى رحيل بوتيه دي مونفيل إلى جامعة نيس في سبتمبر 1969 إلى حرمان دبلوم الدراسات المعمقة في التحليل من أستاذ مقيم في الجزائر. ومع ذلك، فقد تقرّر تدريس هذا الدبلوم خلال السنة الجامعية 1970-1971، تحت المسؤولية العلمية لمارتن زرنير. وهكذا تم تقديم المحاضرات من قبل أساتذة فرنسيين وإيطاليين خلال زيارات تتراوح مدتها بين أسبوع وأسبوعين. فبالإضافة إلى زرنير، نجد من بينهم بوتيه دي مونفيل، وكلود باردوس، وجون سِيا Jean Cea (1932-2024)، وبيير غريسفارد، ولأول مرة، جوزيبي جيومونا Giuseppe Geymonat. سيكون بوتيه دي مونفيل جزءًا من النواة المستقرة خلال بضع سنوات، والتي كان قد انضم إليها بيير غريسفارد. نشير إلى أن جون سِيا كان أستاذا بجامعة نيس. كما أن جوزيبي جيومونا صار أيضًا منتسبا للنواة المستقرة، وبذلك اكتملت هذه النواة بشكل نهائي. درّس جوزيبي جيومونا في مؤسسة "كوليجيو جيسليري" Collegio Ghislieri في مدينة بافيا Pavia الإيطالية[12]، ثم أصبح أستاذا في الكلية المتعددة التقنيات (Politecnico) في مدينة تورينو. كما عمل أيضا مع بيير غريسفارد ومارتن زرنير؛ وقد قضى السنة الموالية في جامعة نيس. ومن الناحية السياسية، كان جوزيبي جيومونا قريبا جدًا من [الحركة اليسارية] "الكفاح مستمر" Lotta Continua بعد أن كان منخرطا في الحزب الشيوعي الإيطالي (PCI).

وكان عمار القلّي يتولى، أثناء الفترات التي تفصل زيارات الأساتذة الأجانب، حصص الأعمال الموجهة، فضلا عن تسيير الإدارة وإجراءات الدعوات ومتابعتها [13].

تحصل الطالبان عبد الرحمن بن دالي وعبد الرحمن جعدان (1935-2020) على دبلوم الدراسات المعمقة في ذلك العام، وظلا في الجزائر وقاما بإعداد دكتوراه الدور الثالث تحت إشراف جون سِيا.

---

[11] مالغرانج عضو في أكاديمية العلوم الفرنسية.

[12] في بافيا، تتلمذ جيومونا على يدي الأستاذ إنريكو ماجينيس Enrico Magenes (1923-2010) الذي عمل مع المشرف على المدرسة الفرنسية للتحليل العددي جاك لويس ليونس Jacques-Louis Lions (1928-2001).

[13] كان عمار القلي مديرًا لقسم الرياضيات من جانفي 1969 إلى ديسمبر 1971.

وفي نهاية العام، ناقش سعيد بن عاشور وجمال تينيو دكتوراه الدور الثالث في جامعة نيس. ومن ثمّ تم توظيف بن عاشور كأستاذ مساعد في نيس، وبقي [في هذه الجامعة] لإعداد دكتوراه الدولة. أما جمال تينيو فعاد إلى الجزائر العاصمة، وهو أول رياضياتي [جزائري] يتكوّن في فرنسا بعد الاستقلال ويعود إلى بلاده.

خلال السنة الدراسية 1971-1972، تم افتتاح دبلومين للدراسات المعمقة في الرياضيات، أحدهما في الجبر تحت إشراف بن علي بن زغو، وثانيهما في التحليل الذي تم تسييره كما كان الحال في السنة السابقة. أما حصص الأعمال الموجهة فتولاها جمال تينيو. ومن بين الطلبة نجد يوسف عميرات، ويوسف عتيق (1947-2022)، وحميد زياني (1948-2004)، ورابح بلوط، وكامل حمداش.

ناقش محند موساوي [سنة 1973]، الذي يعمل تحت إشراف بيير غريسفارد، دكتوراه الدور الثالث في الجزائر العاصمة.

3. منعرج عام 1972

كان عام 1972 بمثابة نقطة تحوّل في حياة الفريق الذي تم تشكيله، وذلك لسببين مختلفين تمامًا: اقتراح عمل بحثي من قبل جوزيبي جيومونا، ووصول بيير غريسفارد لسنة جامعية كاملة إلى الجزائر العاصمة.

دعونا نتذكر تأميم المحروقات بالجزائر في 24 فبراير 1971. في تلك الفترة، اقترح جيومونا خلال قيامه بمهمة إلى جامعة الجزائر، تركيز العمل على مسألة إنتاج النفط. وجاء بطريقة لمعالجة ما يسمى بمسألة "مخروط الماء" في استغلال آبار البترول. من المعلوم أن العديد من حقول النفط لا تحتوي على النفط الخام فحسب، بل تحتوي أيضًا على الماء. والهدف من هذا العمل البحثي هو تعيين الحدود التي تفصل هذين المائعين. من المؤكد أن هذه المسألة ليست في قمة التكنولوجيا المتقدمة في هذا المجال. وفضلا عن ذلك، ففي معظم الحالات لا توجد حدود واضحة، بل يمتزج الماء بالنفط والمسألة تصبح أكثر تعقيدا. غير أن دراسة مسألة "مخروط الماء" كانت في متناولنا، ونعتقد أنها دراسة ستزود الشباب الجزائري بالمعرفة الأساسية التي ستمكنهم لاحقا من مواجهة مسائل حقيقية.

ولذلك، بدأت تتجلى ملامح فريق بحث حول مشروع "مخروط الماء". وهكذا تشكل الفريق من عمار القلّي وثلاثة طلبة تحصلوا على دبلوم الدراسات المعمقة قبل سنة، وهم يوسف عميرات ويوسف عتيق وحميد زياني، يعملون تحت إشراف كلود باردوس وجوزيبي جيومونا ومارتن زرنير. أما كمال حمداش فشرع في إعداد دكتوراه الدور الثالث تحت إشراف كلود باردوس، وكان يشارك في عمل فريق "مخروط الماء". وقام جوزيبي جيومونا بتقديم محاضرات تمهيدية حول الموضوع في أكتوبر 1972، وذلك قبل أن يغادر حمداش وأعضاء من هذا الفريق لأداء الخدمة العسكرية خلال الفترة الممتدة من نوفمبر 1972 إلى نوفمبر 1974 علما أن هذه الخدمة تسمح لهم بالبقاء على اتصال مع الفريق.

وصل بيير غريسفارد إلى الجزائر في سبتمبر 1972 للتدريس بدءًا من الدخول الجامعي وقام بفتح دبلوم الدراسات المعمقة [في التحليل التابعي]. ومع ذلك، استمرت البعثات قصيرة المدى. وقد تابع دروس هذا الدبلوم قدور المرابط ومحمد السعيد مولاي وأبو بكر خالد سعد الله. كنا ذكرنا أن بيير غريسفارد شرع في تقديم دروس خلال الفترة 1968-1969، وأشرف على ثلاث أطروحات دكتوراه الدور الثالث وتمت مناقشتها. نشير إلى أنه قبل أن يتعيّن بيير غريسفارد أستاذا في نيس عام 1967، وهو المناهض الشرس للاستعمار، كان قد أدى خدمته العسكرية في كلية العلوم بالرباط في إطار فئة المجندين المتعاونين[14]. وقد رافقته زوجته، كاثرين ساكور Catherine Sackur، التي كانت تعمل

[14] توفي غريسفارد عام 1994. يمكن العثور على مزيد من المعلومات عنه في المرجع Cea *et al* . 1996، وخاصة المعلومات المتعلقة بموضوعنا، وذلك ضمن الكلمة التي ألقاها محند موساوي نيابة عن طلبته.

كمعيدة في جامعة نيس، وشرعت في العمل البحثي تحت إشراف مارتن زرنير، قبل أن تختار التدريس في التعليم الثانوي. ومن ثمّ عزّز وجودها تدريس التحليل [في جامعة الجزائر].

ومنذ ذلك الوقت، كان هناك فريق بحث قائم حول مشروع "مخروط الماء" وهناك مجموعة من طلبة بيير غريسفارد. لم يكن يوجد فاصل رسمي يفصلهما، وإنما الفرق يظهر فقط في محاور البحث ضمن أطروحات الدكتوراه وفي كون طلبة غريسفارد قد تم تكوينهم في جامعة نيس (باستثناء محند موساوي). وهذا لم يمنع التعاون الوثيق بين المجموعتين، وكذلك مع من يعملون "خارج الفريق". كما أن المواضيع التي يتدارسها باقي أعضاء الفريق هي أيضًا جزء من الأدوات الرياضياتية لمشروع "مخروط الماء".

المراجع

- Adair (P.), 1983, « Rétrospective de la réforme agraire en Algérie », Tiers Monde, n° 24 (93), pp. 153-168.
- Anonyme, 1976, « Fini de folâtrer : une explication de texte », Impascience, n° 4/5, pp. 17-20.
- Bardos (C.), Boutet de Monvel (L.), Geymonat (G.), Grisvard (P.), Lehmann (D.) & Zerner (M.), 1986, « À propos de l'Université d'Alger », Gazette des Mathématiciens, n° 31, pp. 21-22.
- Berger (M.), 1984, « Bilan et Perspectives des Mathématiques françaises », Gazette des Mathématiciens, n° 25 et suivants.
- Cea (J.), Chenais (D.), Geymonat (G.) & Lions (J.-L.) (dirs.), 1996, Partial differential Equations and functional Analysis. In memory of Pierre Grisvard, Boston, Birkhaüser. DOI : 10.1007/978-1-4612-2436-5
- Curbera (G.), 2009, Mathematicians of the World, unite!, Wellesley, A. K. Peters (Eds). DOI : 10.1201/b10584
- Geymonat (G.), 1982, « Una esperienza di collaborazione scientifica », in R. Rainero (dir.), Italia e Algeria : Aspetti storici di un'Amicizia mediterranea, Milan, Marzorati, pp. 509-514.
- Khelfaoui (H.), 2001, « La Science en Algérie, 1ère partie : les Institutions »,
- https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers07-09/010033544.pdf

تقرير في إطار مشروع "العلم بإفريقيا في فجر القرن الحادي والعشرين" تحت إشراف R. Waast و J. Gaillard، Paris, IRD éditions.

- Lehto (O.), 1998, Mathematics without Borders, Berlin, Springer. DOI : 10.1007/978-1-4612-0613-2
- Schwartz (L.), 1997, Un Mathématicien aux Prises avec le Siècle, Paris, Odile Jacob.
- Vidal-Naquet (P.), 1958, L'affaire Audin, Paris, éditions de Minuit.
- Zerner (M.), 1979, « Some applications of functional Analysis to the Flow of Fluids in porous Media », Proceedings of the second international Symposium in West Africa on functional Analysis and its Applications, Kumasi, pp. 32-48.

****

تكنولوجيـــــا

جولة تثقيفية في عالم التشفير والتعمية

صادق بوروبي
أستاذ بكلية الرياضيات، جامعة هواري بومدين للعلوم والتكنولوجيا، الجزائر
bouroubis@gmail.com

مقدمة

في هذا المقال سنحاول أن نتطرق إلى نوع من أنواع الثقافة العلمية غير المنتشرة بشكل كافٍ في الأوساط العامة والخاصة، بأسلوب سلس يعالج الموضوع، قدر المستطاع، بمراعاة مهارات ومعارف القارئ الكريم، تتمثل في ثقافة علمَي التشفير والتعمية. وسنعرض هذا الموضوع دون الخوض في التفاصيل العلمية التي تُخرج المقال عن هدفه المرسوم له، وهو حصول القارئ على فكرة مجملة للموضوع تحفزه وتدفعه، إذا شاء، إلى البحث عن التفاصيل.

1. علم التشفير

التشفير هو عِلم من علوم الرياضيات التطبيقية، يهتم بحماية البيانات السرية، وينقسم إلى قسمين:

- التشفير (Cryptography)؛
- تحليل الشفرات (Cryptanalysis).

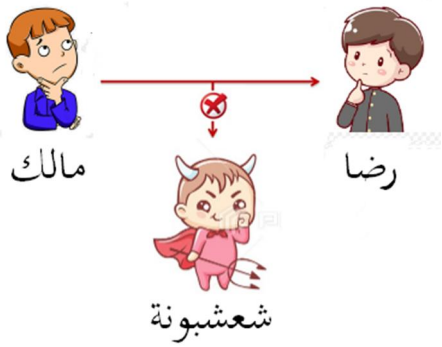
أما التشفير فهو علم يهدف إلى إنشاء أساليب علمية تعمل على حماية سرية البيانات بجعلها غير معقولة المعنى. وأما علم تحليل الشفرات فيتمثل في مجموعة تقنيات تهدف إلى فك الشفرة دون علم سابق بمفتاح الشفرة، وذلك بالبحث عن نقاط الضعف التي يمكن أن تتخلل عملية التشفير.

2. لماذا نحن بحاجة إلى التشفير؟

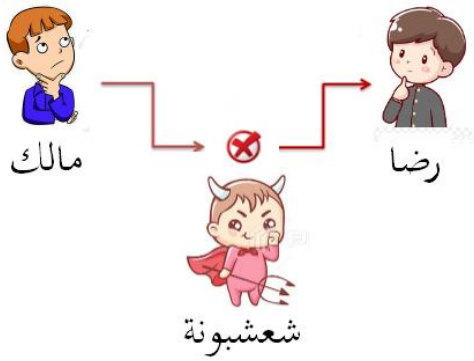
يلعب علم التشفير دورًا حاسمًا في الحفاظ على سرية وسلامة البيانات في العديد من المجالات، مثل الاتصالات عبر الإنترنت، والتحقق الإلكتروني، والأمان في البنوك، والتبادلات السياسية والعسكرية، والعديد من التطبيقات الأخرى التي تتطلب الحماية.

ولعلم التشفير أربعة أهداف أساسية، نوردها مرفقة بصور تشكيلية توضيحية كما يلي:

- **سرية البيانات**: لضمان إتاحة المعلومة ووصولها إلى المستخدمين المصرح لهم فقط لامتلاكهم مفتاح فك الشفرة، ويتم ذلك بواسطة تشويش البيانات وجعلها غير معقولة المعنى لدى المتطفلين من أمثال شعشبونة.



- **سلامة البيانات من التحريف**: لضمان عدم حصول تغيير للبيانات بوسائل مجهولة أو غير مصرح بها، ويتم ذلك بواسطة دالة البعثرة.



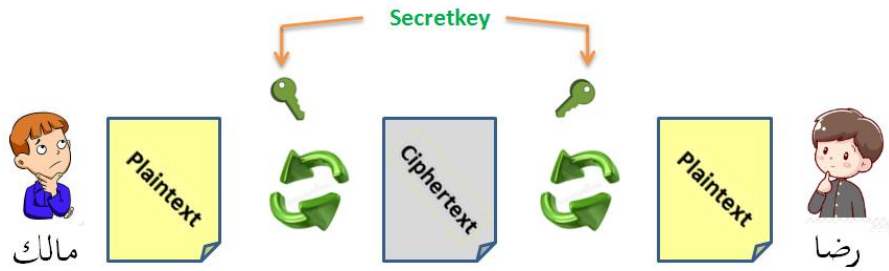
- **إثبات أصالة البيانات**: لضمان تأكيد هوية المرسل، ويتم ذلك من خلال التوقيع الإلكتروني.

- **عدم القدرة على التنصل**: لضمان قطع الطريق، في مجال المعاملات الرقمية، على كل من يريد أن يموّه أو يتنكّر من تلقي أو نشر البيانات، ويتم ذلك بواسطة شهادة رقمية.

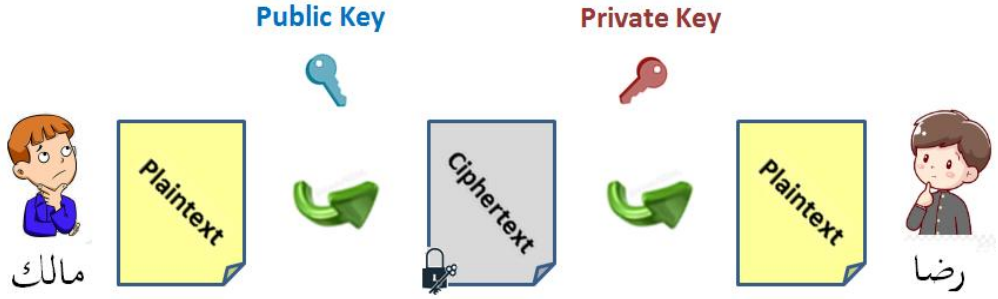
3. أنواع أنظمة التشفير

للتشفير ثلاثة أنظمة أساسية جارٍ بها العمل إلى يومنا هذا وتشمل:

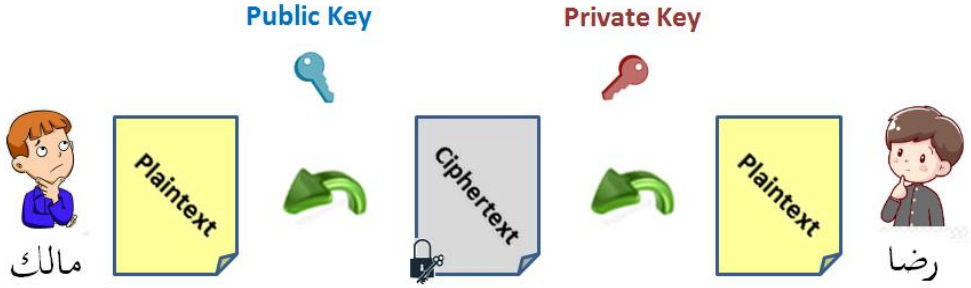
- **النظام المتماثل**: وهو الذي يكون فيه مفتاح الشفرة وفك الشفرة واحد. أحد أشهر الأنظمة المتماثلة هو نظام تشفير الكتلة AES (Advanced Encryption Standard).



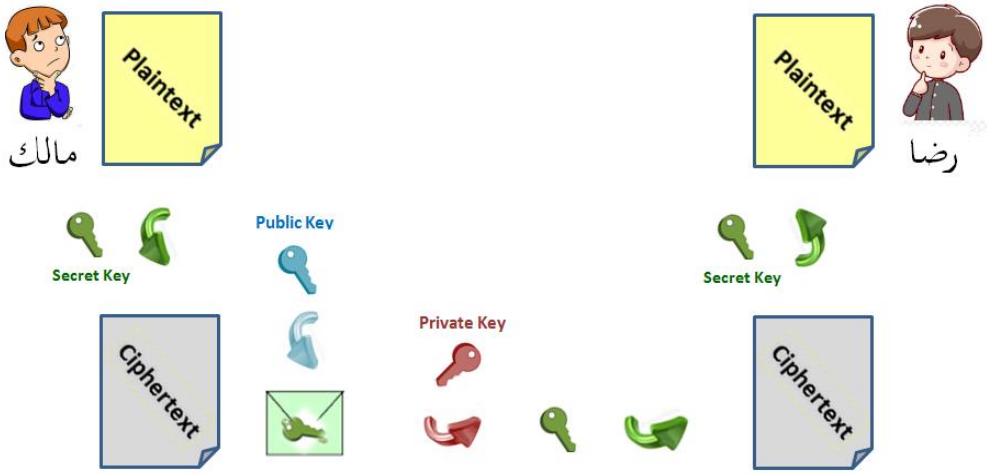
- **النظام غير المتماثل**: والمعروف أيضًا باسم تشفير المفتاح العام، وهو الذي يكون فيه مفتاح الشفرة خاصا ويسمى المفتاح الخفي، ويكون مختلفا عن مفتاح فك الشفرة المسمى بالمفتاح العام. أحد أنظمة التشفير غير المتماثلة الشائعة هو RSA، القائم على مسألة تحليل الأعداد إلى عواملها الأولية.



عندما يكون التشفير بواسطة النظام غير المتماثل في الاتجاه المعاكس، كما توضحه الصورة أدناه، نكون أمام حالة إثبات الأصالة والعملية بهذا الشكل تسمى توقيعا.



- **النظام الهجين**: وهو الذي يجمع بين النظامين المتماثل وغير المتماثل بهدف الاستفادة من الجوانب الإيجابية لكلا النظامين وتجنب عيوبهما في الوقت نفسه. يتيح هذا النظام لمستخدميه توازنا مثاليا بين الحماية والأداء حيث يمكن استخدام النظام المتماثل لسرعة الأداء وبساطة خوارزميات التشفير وقلة الموارد المستخدمة، في حين تتم الاستفادة من النظام غير المتماثل للكفاءة والأداء القوي.



4. أشهر علماء التشفير عبر التاريخ

ومن يُنظر إليه على نطاقٍ واسعٍ على أنه أبو علوم الكمبيوتر النظرية والذكاء الاصطناعي هو آلان ماتيسون تورنغ (Alan Mathison Turing).

آلان

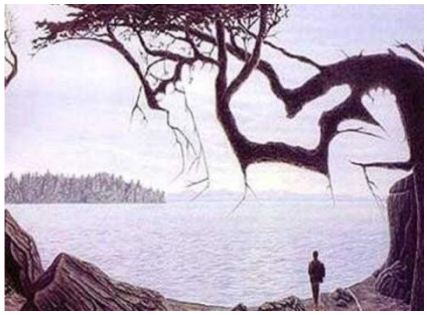
ماتيسون

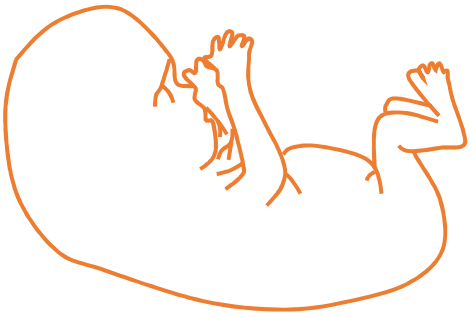
تورنغ

(1912-1954)

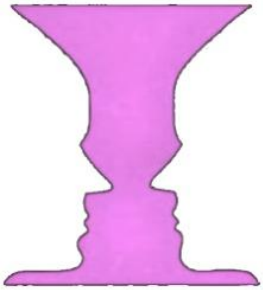
5. التعمية

المتأمل لأول مرة في اللوحة على اليمين قد يتصور أنّ الفنان الذي رسمها أراد أن يبرز جمال الطبيعة بأشجارها وأنهارها، ولكنه لو أمعن النظر فيها جيدا للاحظ أن اللوحة تخفي شيئا لا يلتفت إليه الرائي لأول وهلة وهو ما تبرزه الصورة على اليسار.



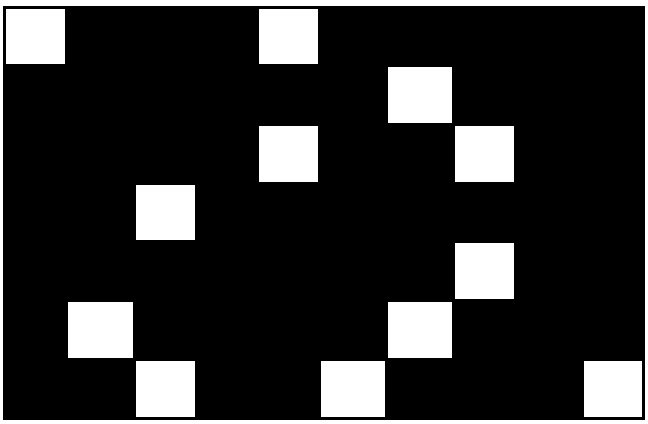


كما أن الناس منقسمون إلى قسمين بين من ينظر إلى الصورة التالية فيرى كأسا ورديا، ومنهم من يرى وجهين متقابلين. هذا النوع من الفن يسمّى فن التعمية (Steganography).



قد تبدو هذه التقنية فنًّا من الفنون فحسب، ولكنها قديمة جدًا، تم استخدامها منذ العصور الغابرة. يعود أقدم مثال معروف لها إلى القرن الخامس قبل الميلاد، حيث قام أريستاغوراس (Aristagoras) حاكم مدينة ميليتس (Miletus)، من أجل إيصال رسالة سرية، بوضع وشم على جمجمة عبد وانتظر حتى ينمو شعره مرة أخرى قبل أن يرسله في طريقه إلى الوجهة المحددة.

ومن بين أشهر الطرق القديمة للتعمية نجد مبدأ شبكة جيرولامو كاردانو (Gerolamo Cardano)، حيث تتم العملية بوضع شبكة أو نمط به ثقوب فوق نص يبدو في الظاهر أنه غير معقول المعنى، ليتم بعدها رفع الحروف أو الكلمات الموجودة أسفل الثقوب فقط للحصول على النص المخفي.



S	T	R	Y	T	O	P	O	M	F
A	J	N	E	Y	M	G	T	P	Q
E	H	I	S	A	N	H	N	E	Y
R	Q	O	J	K	L	A	R	J	T
Q	W	D	C	Q	O	Z	G	K	R
X	R	S	V	B	J	A	E	R	Y
C	V	P	B	N	H	M	A	Z	Y

S	T	R	Y	T	O	P	O	M	F
A	J	N	E	Y	M	G	T	P	Q
E	H	I	S	A	N	H	N	E	Y
R	Q	O	J	K	L	A	R	J	T
Q	W	D	C	Q	O	Z	G	K	R
X	R	S	V	B	J	A	E	R	Y
C	V	P	B	N	H	M	A	Z	Y

يمكن تنويع نمط الشبكة من حيث الحجم والشكل، مما يسمح بتخصيص عملية التعمية.

على مر القرون، أصبحت هذه التقنية أكثر تعقيدًا، لا سيما مع ظهور الكمبيوتر وشعار كل شيء رقمي. فعلم التعمية لا يرمي إلى تشفير البيانات ولكن إلى إخفائها في ملف ذي مظهر عادي لا يثير أي شك، كملفات صور أو فيديو أو صوت أو ملفات نصية متواضعة.

فيما يلي سنتعرض، على سبيل المثال، إلى تقنية التعمية باستعمال ملفات الصور، وعلى القارئ المهتم بهذا العلم أن يتوسع كما يشاء.

6. التعمية باستعمال ملفات الصور

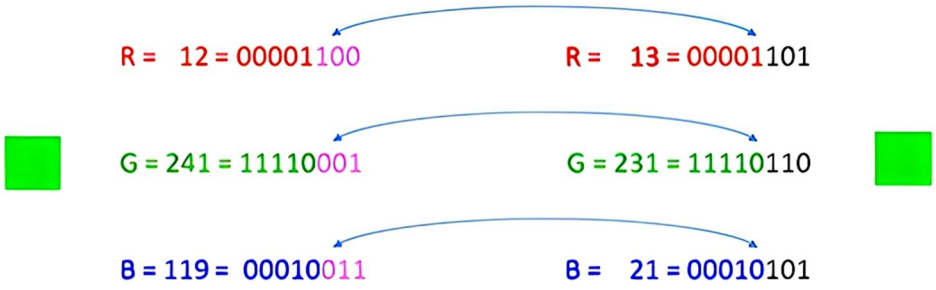
الصورة الرقمية هي عبارة عن مصفوفة من وحدات البكسل (pixels)، يتم تمثيل كل منها بثلاث وحدات تخزين (byte) يشير كل واحد منها على التوالي إلى مستويات الألوان الأساسية الأحمر والأخضر والأزرق (RGB). المربع التالي هو تكبير لبكسل مأخوذ من صورة تم إنتاجها بواسطة ماسح ضوئي (scaner)، يمثله الثلاثي RGB التالي:

1224119 ⟶ 000011001111000100010011

إذا تأملنا في كل وحدة تخزين من أحد الألوان الأساسية الثلاثة، نلاحظ أن البتات باللون الوردي تعتبر أقل البتات ثقلا لذلك تسمى LSB (Least Significant Bit)، مما يسمح باستبدالها ببتات المعلومة التي نريد إخفاءها في الصورة دون تشويهها.

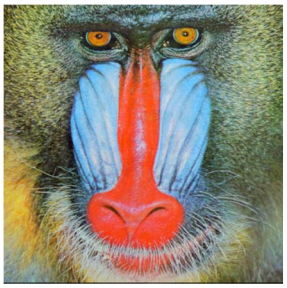
1224119 ⟶ 000011001111000100010011

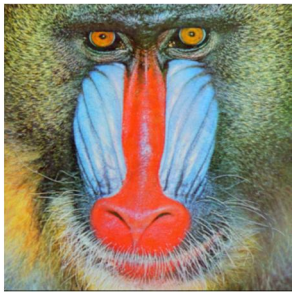
فعلى سبيل المثال إذا أردنا إخفاء السلسلة الثنائية 101110101 في بتات LSB داخل هذا البكسل فإنه ينتقل من لونه الأصلي على اليسار إلى اللون الجديد الذي، كما يلاحظ القارئ، لم يحصل له تغيير يُدرك بالعين المجردة:



ونظرًا لأن البكسل يمكن أن يحمل من المعلومة السرية إلى 9 بتات، فيمكن لصورة ذات حجم $n \times m$ بكسل أن تخفي رسالة من $\frac{9nm}{8}$ حرفا. لذلك يمكن لصورة ذات حجم 1024 × 768 بكسل مثلا أن تحتوي على أكثر من 884736 حرفًا، أي ما يكفي لإخفاء كتاب بحجم 280 صفحة بصيغة A4.

على سبيل المثال ومن خلال تطبيق برمجي، تم إنشاؤه بمشاركة فريق البحث الذي نرأسه بالمخبر الذي نتشرف بإدارته -الموسوم بالعلوم الأساسية في الإعلام الآلي والبحوث العملياتية والتوافيقية والاقتصاد القياسي (L'IFORCE)- تم إخفاء الصورة على اليمين في الصورة على اليسار فكانت الحصيلة الصورة الثالثة. ولك أيها القارئ أن تجد الفرق بين الصورة الأصلية والصورة الحاملة للمعلومة الخفية.





هل الروبوتية من العلم العربي؟ (2)

عبد الله لعريبي
أستاذ بالمدرسة العليا للأساتذة بالقبة حاليا، وبالمدرسة الوطنية المتعددة التقنيات بالحراش سابقا
dr.abdallah.laribi@gmail.com

مقدمة

قدّمنا في الجزء الأول من هذا المقال -في العدد الثامن من مجلة بشائر العلوم- لمحة مختصرة عن الروبوتية ضمّت بعض التعاريف الأساسية مع بيان أصل تسمية الروبوتية والروبوت، والفروق بين الروبوت والأُتْمُوت، وقوانين الروبوتية الثلاثة، وذكرنا بعض المجالات التطبيقية للروبوتية، ومسألة الروبوتية والتوظيف. وأردفنا ذلك بلمحة تاريخية عن الروبوتية، منذ ما قبل الميلاد إلى غاية مطلع القرن الواحد والعشرين، مع رصد مساهمة علماء الحضارة الإسلامية والتعليق عليها.

ويهدف هذا الجزء الثاني والأخير إلى الإجابة عن التساؤلات التالية: هل الروبوتية من العلم العربي؟ بمعنى هل كان لعلماء الحضارة الإسلامية دور في التأسيس لهذا العلم، وهل كانوا السباقين إلى ذلك أم لا؟ وإذا كانوا سباقين، كيف تم ذلك؟ ومن هم أبرز العلماء الذين تركوا بصماتهم في هذا العلم؟ وما هي أهم منجزاتهم؟ وغيرها من الأسئلة المهمة. وهل يمكن لعلمائنا اليوم أن يساهموا مجددا في هذا العلم؟ وهل النهضة العلمية في الجزائر ممكنة؟ وما هي شروطها؟

وللإجابة عن الأسئلة المثارة آنفا، بيّنا المقصود من العلم العربي، ومراحله الأربع الكبرى، وأتبعنا ذلك ببيان العلوم المتداولة آنذاك التي طورها المسلمون، والعلوم الجديدة التي ابتكروها. وأردفناها ببيان المقصود بعلم الحيل، وأهم من ساهموا فيه، مع ذكر بعض مؤلفاتهم وإنجازاتهم المبهرة المؤسسة للروبوتية، كالساعة التي أهداها هارون الرشيد إلى شارلمان، وساعة الفيل العجيبة، والإنسان الآلي في الفرقة الموسيقية وغيرها. وعزّزنها بشهادات اعتراف وعرفان لعلماء غربيين وعرب كبار في حق علمائنا الذين تركوا بصمات واضحة في التأسيس لعلم الروبوتية. ثم بيّنا أنّ المساهمة مجددا في الروبوتية ممكنة، من خلال ذكر الإنجازات الكبيرة للأستاذ كمال يوسف تومي، وأجبنا عن السؤال الكبير هل النهضة العلمية في الجزائر ممكنة؟ وما هي شروطها؟

1. ماذا قدّم العلم العربي للإنسانية؟

1.1. ما المقصود بالعلم العربي؟

العلم العربي أو العلوم العربية تسمية درج على استعمالها مؤرّخو العلوم، ويقصدون بها كل ما أنتجه ودَوَّنَهُ المسلمون، وغير المسلمين على قلتهم، من مختلف العلوم والتقنيات باللغة العربية في نطاق الحضارة العربية الإسلامية، بغضّ النظر عن أصلهم العربي أم الأعجمي.

فاللغة العربية كانت آنذاك بمثابة اللغة الإنكليزية اليوم، لغةَ العلوم والتكنولوجيا والبحوث العلمية. وكان الغربيون يتفاخرون بالتحدث بها، وتزيين قصورهم بها، كما تشهد على ذلك لبنات الزخرفة المكتوب عليها "ولا غالب إلا الله"، في قصور الأوروبيين زمن حضارة الأندلس.

2.1. مراحل العلم العربي

مَرَّ العلم العربي بأربع مراحل كبرى، من منتصف القرن 2هـ/8م إلى نهاية القرن 10هـ/16م، على النحو التالي [3]:

1- **الترجمة**: مرحلة الاكتساب المباشر أو غير المباشر للعلوم المُنتَجة من قبل شعوب مختلفة، ودامت هذه المرحلة أكثر من قرن ونصف من الزمن.

2- **الإبداع**: مرحلة إبداع وابتكار وإعداد لغة علمية عربية (ما بين القرنين 9 و13م)،

3- **النقل**: مرحلة نقل مجموعة من المؤلفات والأدوات الجديدة إلى أوروبا (خلال الفترة الممتدة بين أواخر القرن 11 وأواسط القرن 15م)،

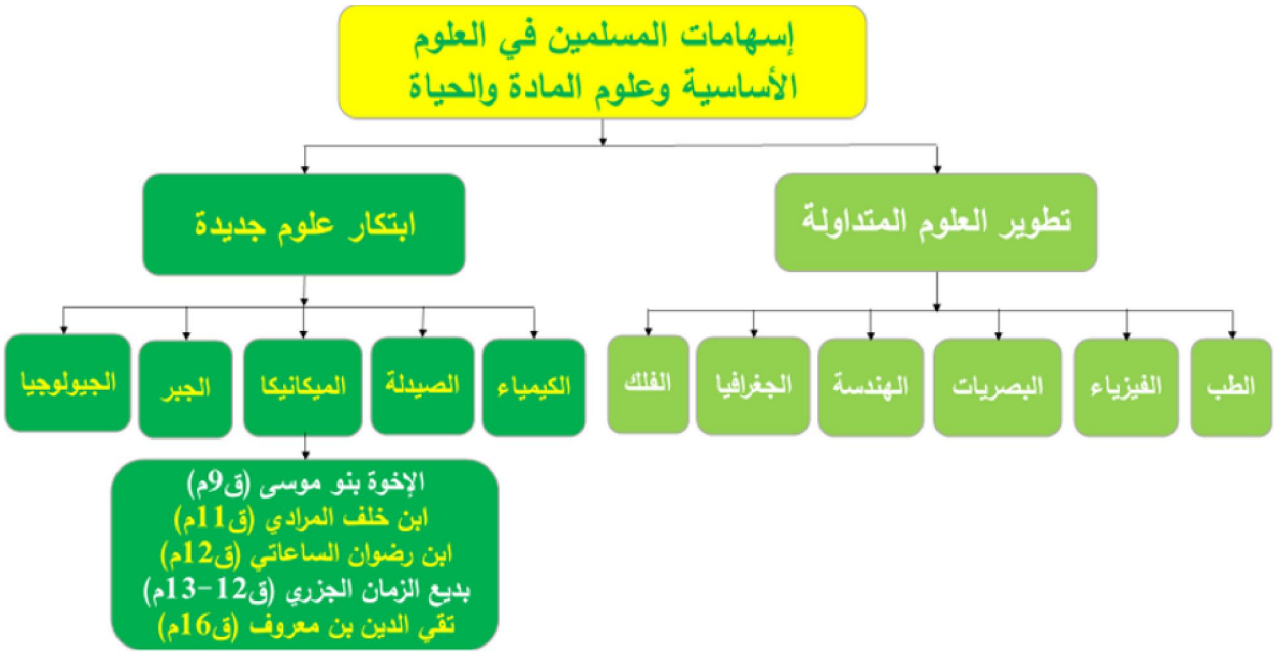
4- **التراجع**: مرحلة التباطؤ ثم تقلص النشاط العلمي العربي (ابتداءً من القرن 14م).

وهذا المقال، يندرج ضمن المرحلة الثانية، مرحلة الإبداع، التي ترك فيها العلماء المسلمون بصماتهم، بما قدّموه للإنسانية من ابتكارات مهدت الطريق للنهضة العلمية والتكنولوجية الحديثة.

3.1. إسهامات المسلمين في العلوم الأساسية وعلوم المادة والحياة

يمكن تقسيم إسهامات العلماء المسلمين في العلوم الأساسية وعلوم المادة والحياة إلى قسمين كبيرين (كما هو مبين في الشكل 1):

- القسم الأول يمثّل تطوير العلوم المتداولة آنذاك من طب، وفيزياء، وبصريات، وهندسة، وجغرافيا، وفلك، وغيرها.
- ويمثّل القسم الثاني ما ابتكره العلماء المسلمون من علوم جديدة من كيمياء، وصيدلة، وميكانيكا، وجبر، وجيولوجيا، وغيرها.



الشكل 1. إسهامات المسلمين في العلوم الأساسية وعلوم المادة والحياة

والذي يهمنا، في هذا المقال، هو ما ابتكره العلماء المسلمون في الميكانيكا، الذي كان يعرف عندهم بعلم الحِيَل، والذي ألّفوا فيه كتبا قيمة، نذكر منها:

- "كتاب الحيل" لبني موسى (ق. 9م)، وهو أول الكتب المؤلفة في علم الحيل، ومن أهمها.
- "كتاب الأسرار في نتائج الأفكار" لابن خلف المرادي الأندلسي (ق. 11م)، الذي وصف فيه الساعات المائية والأُتْمُوتات [18].

ومن أمثلة التقنيات المتقدمة التي صورها كتاب المرادي، "منصة آلية" في جامع قرطبة الكبير تنفتح من تلقاء نفسها وتتيح تناول نسخة من القرآن وقراءتها دون أن تمسها الأيدي، وهذه المنصة موضوعة على رف متحرك بواسطة سيور وآليات خافية عن الأنظار. وفي موضع آخر يقدم المرادي شرحًا وافيًا لتقنية أخرى متقدمة في قصر جبل طارق، يتم فيها تحريك جدران مقصورة الخليفة آليًا عن طريق تجهيز قاعة محركات إلى جانبها [1].

- "كتاب علم الساعات والعمل بها" لفخر الدين رضوان الساعاتي الخراساني (ت. نحو 618هـ/1221م)، الذي أوضح فيه هذا العلم أيَّما إيضاح. فهو يُعرِّف الآلة ويذكر كيف ترتبط بما قبلها وما بعدها، ويذكر مساحتها، وطولها، وعرضها، وغير ذلك مما يطلع عليه قارئ هذا الكتاب، بحيث أصبح بالإمكان عمل ساعة مثل التي صنعها والده، وألَّف هو فيها هذا الكتاب [17].
- "الجامع بين العلم والعمل النافع في صناعة الحيل" للجزري، وهو من أهم الكتب في التنظير والتدبير في صناعة الآلات.
- "الطرق السنية في الآلات الروحانية" لتقي الدين بن معروف الدمشقي (ق. 10هـ/ ق. 16م)، الذي يحتوي على وصفٍ دقيقٍ ومصوّر لبعض الآلات، مثل الساعة الفلكية الميكانيكية، وأيضاً الآلات الخاصة بجرّ الأثقال، ورفع الماء، وكذلك الآلات الموسيقية الميكانيكية [7].

وسنبسط القول قليلا حول "كتاب الحيل" لبني موسى و"الجامع بين العلم والعمل النافع في صناعة الحيل" للجزري، لأهميتهما الكبيرة؛ فالأول يؤسس لعلم الحيل، والثاني لارتباطه الوثيق بالتأسيس للروبوتية.

2. علم الحيل

الغاية من علم الحيل هي "الحصول على الفعل الكبير من الجهد اليسير"، أي استعمال الحيلة مكان القوة، والعقل بدل العضلات، والآلة مكان البدن [16]. وعلم الحيل، بهذا المعنى، هو "علم الآلات" (الوصف، والبناء، وشرح مختلف التطبيقات وغيرها)، فهو إلى الروبوتية أقرب من الميكانيكا بالمفهوم العام.

1.2. الإخوة بنو موسى وعلم الحيل

الإخوة بنو موسى، محمد وأحمد والحسن (ق. 3هـ/ق. 9م)، برعوا في الرياضيات والجغرافيا والفلك وعلم الحيل. ولهم عدة مؤلفات أشهرها "كتاب الحيل لبني موسى بن شاكر"، الذي وصف 100 جهاز ميكانيكي بشروح تفصيلية ورسوم توضيحية لطرائق تركيبها وصنعها وتشغيلها ووظائفها [15].

وفي الكتاب وصف لأباريق تختلف طريقة عملها باختلاف طريقة تحكّم المستخدم بها، وجِرار تُصبّ فيها سوائل متنوعة فلا تختلط، وأخرى تُصبّ منها كميات محددة من الماء تلقائياً بانتظام، وفوانيس لا ينقص زيتها، ونوافير تغيّر أشكالها تلقائيًا، وتماثيل تتصرف كأنّها ترى، وأحواض لسقاية المواشي لا ينقص ماؤها، إضافة إلى جهاز لرفع الأغراض الملقاة في قيعان الآبار والأنهار، وصفارة تصدر صوتًا إذا ما غطست في الماء وغيرها كثير من الأجهزة [6].

ولبيان جانب من جوانب عبقرية الإخوة بنو موسى في علم الحيل، نذكر، في الآتي، كيفية عمل كل من الجرّة الصديقة للبيئة، والقمقم المسكون (الشكل 2).

- **الجرّة الصديقة للبيئة**: صمّم بنو موسى هذه الجرّة بحيث يخرج الماء منها بمقدار محدد عند فتح الصنبور، ثم ينقطع، وبعد فاصل زمني معين ينساب الماء مجددًا. يتكرر هذا الأمر حتى يفرغ محتوى الجرّة من الماء. وذلك يُشبه ما نراه عادة في مغاسل الحمّامات العامة الحديثة.
- **القمقم المسكون**: إناء عجيب برأسين، إذا صُبّ ماء في أحدهما، وعصير برتقال في الآخر لا يختلط السائلان. وإن تمّ سكبهما من الإناء، فإنّ الماء يخرج من الرأس الذي صُبّ فيه العصير، والعكس بالنسبة إلى العصير، فسيخرج من الرأس الذي صُبّ فيه الماء [6].
-

الشكل 2. الجرّة الصديقة للبيئة والقمقم المسكون [6]

ويُعد الإخوة بنو موسى أول فريق علمي في العالم، لكونهم اشتغلوا مع بعض في حقول معرفية مشتركة كالرياضيات والفلك وعلم الحيل والجغرافيا.

2.2. بديع الزمان الجزري

بَدِيعُ الزَمان أبو العِز بن إسماعيل بن الرِّزاز الجَزَرِي المعروف بـ الجَزَرِي (1136-1206م) عالم مسلم عربي، يعتبر من أعظم المهندسين والميكانيكيين والمخترعين في التاريخ. يُعزى لهُ اختراع ساعة الفيل، ويُوصف بأنه "أبو علم الروبوتات" والهندسة الحديثة [12].

ولد الجزري في منطقة جزيرة ابن عمر التي تقع اليوم في الأقاليم السورية الشمالية على نهر دجلة، ثم عمل كرئيس المهندسين في ديار بكر (آمد) شمال الجزيرة الفراتية. حظي الجزري برعاية حكام ديار بكر من بني أرتق، ودخل في خدمة ملوكهم لمدة 25 سنة، وذلك ابتداءً من سنة 570هـ/1174م، فأصبح كبير مهندسي الميكانيكا في البلاط [12].

صمّم آلات كثيرة ذات أهمية كبيرة، كثير منها لم يكن معروفا من قبل. ومن آلاته: آلات رفع الماء، وساعات مائية ذات نظام تنبيه ذاتي، وصمامات تحويل، وأنظمة تحكم ذاتي، وغيرها مما شرحه في مؤلفه الرائع الغني بالشروح التفصيلية والرسوم التوضيحية لطرائق تركيبها وصنعها وتشغيلها، الذي أسماه "الجامع بين العلم والعمل النافع في صناعة الحيل" [12]. وكتابه هذا هو عصارة عمل دؤوب استمر 25 عاما. ويظهر من طريقة عرضه أنّ هذا العالِم كان يريد للمهتمين من بعده أن يستفيدوا من علمه، حيث وضع بالتفصيل طريقة صنع كل آلة من الآلات التي اخترعها. [9]

جاء تأليف هذا الكتاب تلبية لطلب السلطان ناصر الدين محمود بن أرتق، الذي قال للجزري: "لقد صنعت أشكالا عديمة المثال، وأخرجتها من القوة إلى الفعل، فلا تضيّع ما تعبت فيه وشيدت مبانيه، وأحب أن تصنف كتابا ينتظم وصف ما تفرّدت بتمثيله وانفردت بوصف تصويره وتشكيله." [14]

ويعتبر كتاب الجزري الدافع وراء كل من الثورتين العلمية والصناعية في العالم، لأن الكتاب يشرح الكثير من الأمور المهمة، ومنها أنواع حلقات الآلات والوسائد الهيدروليكية والمهارات الميكانيكية المعقدة الأخرى، وكذلك آلات كثيرة ذات أهمية كبيرة، كثير منها لم يكن معروفا من قبل.

ترجم الكتاب الذي أبهر الغرب إلى لغات عدة، وهو يُعرض في متاحف عديدة حول العالم مثل تركيا وفرنسا وبريطانيا. وقد طُبع الكتاب في القرن السادس عشر في مطبعة عائلة مديشي Medici، التي كانت تحكم فلورنسا بإيطاليا. وكانت هذه العائلة راعية المخترع والفنان الإيطالي ليوناردو دا فنشي Leonardo da Vinci، الذي تقول الموسوعة البريطانية إنه درس كتاب الجزري [9].

3. صناعة الساعات

شغلت معرفة الوقت وكيفية تحديده الإنسان منذ فجر التاريخ لحاجته الملحة إلى تنظيم حياته والاستفادة من وقته. فبَدأ يسعى لمَعرفة الوقت باستخدام وسائل مُختلفة، وعمل على تطويرها وتَحسينها بدءًا بالساعات الشمسية والساعات المائية والساعات الميكانيكية وصولا إلى الساعات الرقمية الحديثة.

وسنتوقف قليلا عند ساعتين لهما ارتباط وثيق بالأتمتة والروبوتية. الساعة الأولى هي التي أهداها الخليفة هارون الرشيد (149-193هـ/766-809م) إلى شارلمان (740-814م) Charlemagne ملك الفرنجة، والثانية هي ساعة الفيل المبهرة التي صنعها الجزري.

1.3. ساعة هارون الرشيد

يُذكر أنّ الساعة المائية التي أرسلها الرشيد إلى شارلمان، مصنوعة من النحاس الأصفر بارتفاع نحو أربعة أمتار، وتتحرك بواسطة قوة مائية. وعند تمام كل ساعة يسقط منها عدد من الكرات المعدنية يتبع بعضها البعض الآخر بحسب عدد الساعات فوق قاعدة نحاسية، فتحدث رنينًا جميلًا. كانت الساعة مصمَّمة بحيث يُفتح باب من الأبواب الإثني عشر المؤدية إلى داخل الساعة، ويخرج منه فارس يدور حول الساعة ثم يعود إلى المكان الذي خرج منه. وعندما تحين الساعة الثانية عشر يخرج اثنا عشر فارسًا مرة واحدة، يدورون دورة كاملة ثم يعودون من حيث أتوا، وتغلق الأبواب خلفهم.

أثارت الساعة دهشة الملك وحاشيته، واعتقد الرهبان أنّ في داخل الساعة شيطان يسكنها ويحركها. فجاؤوا إلى الساعة أثناء الليل، وأحضروا معهم فؤوسا وحطموها إلا أنهم لم يجدوا بداخلها شيئا سوى آلاتها. حزن الملك شارلمان حزنًا بالغًا، واستدعى حشدًا من العلماء والصناع المهرة لمحاولة إصلاح الساعة وإعادة تشغيلها، لكن المحاولة فشلت. فعرض عليه بعض مستشاريه أن يخاطب هارون الرشيد ليبعث فريقًا عربيًا لإصلاحها، فقال شارلمان: إنني أشعر بخجل شديد أن يعرف ملك بغداد أننا ارتكبنا عارًا باسم فرنسا كلها [15].

إنّ تصميم هذه الساعة يدل بوضوح على أنها أُتْمُوت أو روبوت في آلية حركتها. لذلك اعتبرها الباحث ديفيد داني David Daney، أول أُتْمُوت صنعه العلماء المسلمون، كما أشرنا إلى ذلك في الجزء الأول من هذا المقال.

2.3. ساعة الفيل

صنع الجزري ساعة الفيل البديعة سنة 1206م مستخدمًا علامات وأشكالا تعبّر عن الاحتفاء بتنوع الثقافات والحضارات وبعالمية الإسلام. فاستخدم قاعدة أرخميدس الإغريقي، الطاسة المائية الهندية، وفيل هندي، وطائر العنقاء المصري، وروبوتات عربية معممة، وسجاد فارسي، وتنانين صينية [14].

تعمل ساعة الفيل بالكيفية التالية: تعوم الطاسة المثقوبة في حاوية مليئة بالماء في بطن الفيل، ولدى امتلائها تدريجيا تغوص ببطء وتميل، ساحبة في الوقت نفسه ثلاثة حبال مربوطة بها، فتطلق الحبال آليات تتحكم بثلاثين كرة تنطلق انفراديا، فتحرك التنانين، ثم ربوت الكاتب الدوار، ثم عتلات ترفع الطاسة من جديد، وهكذا دواليك [14].

وتجلت عبقرية الجزري في دقة قياس الثقب في الطاسة المتأرجحة؛ إذ كانت تستعرق نصف ساعة كي تمتلئ، وتغوص، ثم تُعيد الكَرّة ثانية. وعندما تغطس الطاسة تُحدث نغمة كزقزقة العصافير، ويدور طائر العنقاء، وأما الكرة المحررة فتجعل المزولة الموجودة خلف ربوت السلطان تتحرك من جهة إلى جهة، لتحدد الصقر الذي سوف يطلق الكرة التي تسقط في فم التنين الذي ينحني بدوره إلى الأسفل (بتأثير ثقل الكرة)، محركا روبوت الكاتب الذي يشير بعصاه إلى الوقت، وليضع الكرة في المزهرية خلف الفيّال (سائق الفيل) فيحرك ذراعيه، ولدى سقوط الكرة في المزهرية يصدر صوتُ اصطدامها بالقعر. وتشير الدوائر المرسومة على المزواة أعلى القلعة إلى الوقت أيضا. وتستمر سلسلة الأفعال المعقدة هذه وتبعاتها كل نصف ساعة، وخلال اليوم كله. وتُضبط الساعة مرتين في اليوم، عند شروق الشمس وعند غروبها، وذلك بإعادة الكرات المعدنية الثلاثين إلى مواقعها الأصلية. " [14]

ويعتبر العلماء الغربيون ساعة الفيل تحفة من تحف الزمان ومن أبرع ما اخترع الإنسان، ونسخة مبكرة لمفهوم التلاقي والتعدد الحضاري [9]. وتوجد نسخة من هذه الساعة صنعت خصيصا لمتحف في سويسرا متخصص في تاريخ تطور آلات قياس الوقت، ونسخة ثانية فائقة الدقة في جامعة الملك سعود بالسعودية، وأخرى معروضة في مجمع ابن بطوطة للتسوق في دبي [9].

الشكل 3. ساعة الفيل في مخطوطة الجزري [12]

الشكل 4. كيفية عمل ساعة الفيل [14]

5. الإنسان الآلي

أما في مجال الإنسان الآلي، فقد صنع الجزري ألعابا على صور أشخاص، تعمل بوظيفة مبرمجة لها مسبقا، وذلك على شكل فرقة موسيقية تطفو على سطح الماء، ويصدر كل منها صوت آلة موسيقية معينة. وقد صنع هذه الآلة خصّيصا لتسلية ضيوف البلاط الملكي في ديار بكر [9].

وتحدّث المؤرخ مارك إ. روشيم Mark E. Rosheim عن هذا الاختراع في كتابه "تاريخ تطور الإنسان الآلي، فرقة الجزري الموسيقية" قائلا: "على عكس الإغريق، فإنّ الأمثلة العربية للإنسان الآلي لا تعكس تطورًا مفصليًا في التصميم فحسب، بل تعكس توجهًا لاستخدام الموارد المتاحة لراحة الإنسان." [11]

6. شهادات اعتراف وعرفان

يلخص روشيم التطورات التي حققها المهندسون المسلمون في الروبوتات، وخاصة الجزري، على النحو التالي: "وهكذا، فإنّ أكبر مساهمة قدّمها العرب، إلى جانب الحفاظ على عمل الإغريق ونشره والبناء عليه، كان مفهوم التطبيق العملي. كان هذا هو العنصر الأساسي الذي كان مفقودًا في علم الروبوتات اليوناني." [19]

وعن كتاب الجزري، يقول مؤرخ العلوم الشهير جورج سارتون (1884-1956) George Sarton: "إنّ هذا الكتاب هو الأكثر تفصيلا من نوعه، ويمكن اعتباره الذروة في إنجازات العرب المسلمين." [4]

ويقول المهندس ومؤرخ العلوم والتكنولوجيا دونالد هيل (1922– 1994) Donald Hill في كتابه "دراسات في التقنيات الإسلامية في القرون الوسطى": "من المستحيل أن نتجاهل أهمية عمل الجزري في تاريخ الهندسة. وحتى عصرنا الحاليّ، لا توجد أي وثيقة أخرى من أي منطقة قابلة للمقارنة مع هذه الكمية الهائلة من التعليمات والشروحات عن تصميم وتجميع الآلات." [10]

وذكر الدكتور فاروق الباز من جامعة بوسطن، الذي عمل مع وكالة ناسا للمساعدة في التخطيط للاستكشاف العلمي للقمر: إنّ "اختراعات الجزري ما زالت تعزز أنظمة وسائل النقل الحديثة الخاصة بنا. لقد كانت الآليات اللازمة للتدوير من الأعاجيب الهندسية في زمانه، وكذلك اليوم، وهي أيضا تستمر في تشغيل كل طائرة وقطار وسيارة على هذا الكوكب." [2]

7. من بديع الزمان الجزري إلى كمال يوسف تومي الجزائري

بعد عدة قرون من الإنجازات المبهرة للجزري، بشهادة علماء غربيين، ها هو كمال يوسف تومي يُحيي مجدَ سالفه الجزري، ويضع بصمته في الروبوتية، باختراعه أسرع روبوت في العالم. فمن هو كمال يوسف تومي؟ وما هي أهم إنجازاته في الروبوتية؟

وُلد كمال يوسف تومي عام 1954 بقصر البخاري، ولاية المدية. زاول تعليمه الابتدائي والمتوسط بمسقط رأسه. وكان يتردد على مسجد الإمام مالك بقصر البخاري، فحفظ القرآن الكريم، وبرع بصوته الجميل في تقليد مشاهير القراء، أمثال الشيخ عبد الباسط، ومصطفى إسماعيل، ومحمد الصديق المنشاوي وغيرهم.

انتقل إلى مدينة المدية لمواصلة دراسته الثانوية، وتحصّل على أحسن معدل في البكالوريا شعبة رياضيات في ثانويته، بتقدير ممتاز، وذلك سنة 1974. ثم ذهب إلى جامعة باب الزوار في سبتمبر 1974، ليسافر بعدها إلى الولايات المتحدة الأمريكية سنة 1975، لمواصلة دراسته الجامعية.

في جوان سنة 1979، تحصّل على شهادة مهندس في الهندسة الميكانيكية بجامعة سينسيناتي (Cincinnati)، ثم نال في سنة 1981، شهادة الماستر في الهندسة الميكانيكية من معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا (MIT)، المصنف

ضمن الجامعات الأولى عالميا. وفي إطار بحثه لنيل شهادة الدكتوراه من نفس المعهد، فاجأ الجميع، سنة (1983-1984)، باختراع أسرع روبوت في العالم، وكانت سرعته 10 أمتار في الثانية، في الوقت الذي كانت فيه الروبوتات لا تتجاوز سرعة متر في الثانية. وفي سنة 1985، نال شهادة الدكتوراه في الهندسة الميكانيكية بتفوق، عن أطروحته في التصميم التحليلي والتحكم (Analysis Design & Control of Direct Manipulators).

ألّف تومي أكثر من 150 منشورا، بما في ذلك الكتب المدرسية والمجلات والندوات المحكمة. وقد حصل على ما يقارب 25 براءة اختراع، وحاضر في أكثر من 120 ندوة في الشركات والجامعات العالمية، وحصل على وسام العالِم الجزائري لسنة 2013 [13]. ومن مؤلفاته نذكر:

- الروبوتات: الجانب النظري وتطبيقاتها،
- روبوتات الحركة المباشرة: الجانب النظري والتطبيقي،
- أبحاث الروبوتات،
- التقدم التكنولوجي في الروبوتات،
- النانو صناعة وتطبيقات الأجهزة الحديثة النانو سائلة،
- التحكم المتكيف القوي للأنظمة الموصولة.

بالإضافة إلى اختراعه لأسرع روبوت في العالم، كما سبقت الإشارة إليه، اخترع روبوتا يحاكي السمكة في اللون والشكل، بل إنه يتحرك في الماء كالسمك تماما، ويستطيع التعايش والانسجام مع قطيع من روبوتات الأسماك بصورة سلسة تماما. ويحتوي الروبوت نظم استشعار عن بعد، تستطيع أن تحدد عمق الغوص، وتمسح الأجسام الغارقة، إضافة إلى شبكات الغاز والبترول. كما اختراع كذلك جهاز ماسح ضوئي Scanner للشركة العالمية سامسونج Samsung، وهو ما أكسبه تميزًا مبكرًا في مجال الهندسة الميكانيكية والتحكم، ليصبح واحدًا من أبرز المختصين في علم الروبوتية والميكاترونيكس والمحاكاة والتصميم الديناميكي، في العالم [8].

8. النهضة العلمية في الجزائر: الإمكان والشروط

هل النهضة العلمية في الجزائر ممكنة؟ وما هي شروطها؟ سؤال مهم ووجيه، يجيبنا عنه رائد النهضة الجزائرية الإمام عبد الحميد بن باديس رحمه الله، بقوله: "إنّ الطينة الجزائرية طينة علم وذكاء إذا واتتها الظروف".

بالفعل لقد أنجبت الجزائر، عبر تاريخها الطويل، علماء ومفكرين ومصلحين وعسكريين وسياسيين أبهروا العالم بعلمهم وحكمتهم وإبداعهم في شتى ميادين الحياة. وكان نجمهم يسطع دوما في سماء وطنهم إذا واتتهم الظروف، ويختفي حتما إذا تلبدت سماؤهم بغيوم الظروف غير المناسبة للبقاء في وطنهم.

وكلما ضاقت بهم أرض الجزائر بما رحبت، وانعدمت فيها الظروف المحفزة للبقاء، ولّوا وجوههم شطر البلدان الأخرى مُكرهين غير راغبين، فرحّبت بهم تلك البلدان المتقدمة، وأنزلتهم منازلهم اللائقة بهم، فأبدعوا وابتكروا وتصدروا الريادة في ميادين شتى، لما واتتهم الظروف!

ومن هؤلاء الذين سطع نجمهم، في سماء غير وطنهم، الباحثان كمال يوسف تومي وَبلقاسم حبة، المخترع الشهير صاحب أزيد من 1500 براءة اختراع، وغيرهما من خريجي المدرسة الجزائرية، المتواجدين في كبرى الجامعات ومراكز البحوث العالمية، لمّا واتتهم الظروف!

نعم، إنّ النهضة العلمية في الجزائر ممكنة! وكما سطع نجم علمائنا في سماء غير وطنهم لما واتتهم الظروف، يمكن أن يسطع نجم علمائنا في سماء الجزائر، شريطة توفير الظروف المادية والمعنوية الملائمة لهم، والمحفزة على البقاء في أرض الوطن، للمساهمة في النهضة العلمية المطلوبة، التي لا مناص منها، حتى تتبوأ الجزائر مكانتها اللائقة بها

في محفل الدول المتقدمة. وحتى يتوقف نزيف هجرة الأدمغة الجزائرية، التي تكونت بالمال العام الجزائري، ثم ولّت وجهها شطر البلدان الغربية، التي توفر لهم الظروف المادية والمعنوية المناسبة.

خلاصة

يتبين لنا مما سبق ذكره، أنّ الروبوتية ظلت علما عربيا ما يقرب من أربعة قرون، بفضل ما أبدعه علماؤنا في العصر الذهبي للحضارة الإسلامية، في مجال علم الحيل من خلال الإسهامات المبهرة للإخوة بني موسى وخاصة الجزري، الذي لُقب بحق "أبو الروبوتية"، وغيرهم.

كما بيّنّا كذلك أنّ المساهمة في الروبوتية ممكنة، على غرار ما قام به كمال يوسف تومي، وأنّ النهضة العلمية في الجزائر ممكنة كذلك، شريطة توفير الشروط المادية والمعنوية المناسبة لعلمائنا، حتى لا يغادروا أرض الوطن، مضطرين، بحثا عن الظروف المناسبة لهم.

المراجع

[1] ابن خلف المرادي، ويكيبيديا، الموسوعة الحرة.

[2] أبو العز بن إسماعيل بن الرزاز الجزري https://www.shatharat.net/vb/showthread.php?t=10193

[3] أحمد جبار، علماء الحضارة العربية الإسلامية ومساهماتهم، كليك للنشر، الجزائر، 2011.

[4] بديع الزمان الجزري، موقع ويكي عربي.

[5] بركات محمد مراد، الجزري.. اختراعاته العلمية وتطبيقاته الميكانيكية، موقع قصة الإسلام.

[6] بنو موسى وعلم الحيل، اصدار ألف اختراع واختراع 1001 Inventions Ltd,UK، 2018.

[7] تقي الدين الشامي، ويكيبيديا، الموسوعة الحرة.

[8] الجزائري الدكتور"كمال يوسف تومي" عبقري الروبوتات https://alaalem-media.com

[9] الجزري.. رائد الاختراعات الميكانيكية، https://learning.aljazeera.net/ar/node/21688

[10] "الجزري".. مخترع نظام الساعات الحالية https://www.esyria.sy/2017/12

[11] الجزري'.. مهندس الحضارة العربية ومخترع الآلة https://aljasrah.net/aljasra15023

[12] الجزري، ويكيبيديا، الموسوعة الحرة.

[13] العالم العالمي كمال يوسف تومي.. مخترع مبدع.. بلبل القرآن.. أمل الجزائر، السيرة الذاتية والعلمية، معهد المناهج، الجزائر، 2013.

[14] سليم الحسني، ألف اختراع واختراع: التراث الإسلامي في عالمنا، كتاب جماعي، Fondation for Science Technologie and Civilisation، 2005.

[15] منصور عبد الحكيم، هارون الرشيد المفترى عليه، دار الكتاب العربي، دمشق-القاهرة، 2011.

[16] راغب السرجاني، الهندسة في الحضارة الإسلامية، https://www.islamweb.net/ar/article/171695

[17] عبد الله حجازي، رضوان بن محمد الساعاتي. من مشاهير علماء الفيزياء، موقع قصة الإسلام.

[18] Ahmed Djebbar, Une histoire de la science arabe, Éditions du Seuil, mai 2001.

[19] Mark E. Rosheim, Robot Evolution: The Development of Anthrobotics, Wiley, 1994.

GEO: لعبة تعليمية لتشجيع التذكّر والحفظ لدى التلميذ في مجال الجغرافيا

أحمد ياسين بن عنان
أستاذ بقسم الإعلام الآلي، المركز الجامعي أحمد صالحي، النعامة، الجزائر
Benanane.a@cuniv-naama.dz

في الآونة الأخيرة، أدّت العديد من الأبحاث في مجال استخدام الألعاب التعليمية إلى تحفيز المتعلم بتسليط الضوء على النموذج الخاص به. يوفّر هذا النموذج، بدوره، معلومات عن مدى تقدّم مستوى اكتساب المعرفة، وقدرات تذكّر سيناريوهات اللعبة المرئية أو الصوتية، أو أثرها الملاحظ والمسجل أثناء اللعب بألعاب تعليمية على الحاسوب.

تنوّع نماذج المتعلمين يجعل من الصعب إدارة وتقييم حالاتهم الإدراكية بشكل صحيح، وخاصة في مواضيع التربية المدنية مثل الجغرافيا التي تثير، عادةً، الرفض لدى الأطفال وتتطلب فهمًا قبل التذكر. العلاقة بين تعلّم التلاميذ والتذكّر قوية للغاية، ممّا يدفع الباحثين إلى إجراء أبحاث حول تصميم الألعاب التعليمية بناءً على نمذجة الخصائص والحالات العاطفية للتلاميذ. يندرج هذا العمل في سياق تعلم معدل لتكييف اللعبة التعليمية مع مستوى تذكّر التلميذ.

1. تمهيد

يعيش الأطفال الذين نشأوا في مجتمعنا خلال السنوات الأخيرة حياةً يومية مختلفة عن حياة أطفال العقود السابقة؛ حيث أصبح حجم الوقت الذي يقضونه أمام الأجهزة الإلكترونية والحواسيب كبيرا للغاية. لقد باتت الهواتف الذكية والحواسيب ضرورية في حياة هذا الجيل الشاب.

تهيمن ألعاب الفيديو على حياة الأطفال والمراهقين الذين يستمتعون باللعب بها. كما أن هذه الألعاب أضحت جزءًا لا يتجزأ من الاقتصاد العالمي. بدلًا من قضاء أبنائنا أوقات فراغهم في اللعب بألعاب "غير مفيدة"، يمكن للأطفال والمراهقين أن يخصصوا وقتهم للعب الألعاب التعليمية بهدف تعزيز ما تعلّموه في الفصول الدراسية بطريقة ممتعة.

واللعبة التعليمية هي عبارة عن لعبة فيديو يتم تصميمها بغرض غير الترفيه البسيط، حيث تستخدم التكنولوجيا الحديثة لنقل رسالة بطريقة جذابة. وتشهد الألعاب التعليمية دخولًا ملحوظًا في عملية التعلم الفردية، حيث تُظهر فعاليةً أكبر مقارنةً بالتعلم في الفصول الدراسية التقليدية.

تكمن مهمة الألعاب التعليمية في تكملة وتعزيز وسائل الإعلام والتدريب التقليدية، وليس في استبدالها. فالهدف منها هو إضافة الجوانب التفاعلية للعملية التعليمية؛ حيث تؤدي رسومات وحركات اللعبة التعليمية إلى تحفيز ذكريات طويلة الأمد لدى المتعلمين. تحقيق سيناريو اللعبة يهدف إلى تحديد، في نهاية كل نشاط في اللعبة، الخطوة التالية التي يجب اقتراحها على المتعلم للحفاظ عليه في حالة من التدفق والدافع وتحقيق التوازن بين اللعب والتعلم. ويجب أن تكون السيناريوهات متكيفة مع المستوى الإدراكي للمتعلم وتقدمه.

من الضروري أن نفهم الفرق بين اللاعبين أثناء تصميم الألعاب. يتطلب التكيّف في الوقت الحقيقي للألعاب نمذجة دقيقة للاعب. وقد أظهرت دراسة لتقييم النهج المعتمدة على الألعاب التعليمية أنه يمكن للألعاب التعليمية أن تسهم في تحسين الدافع والذاكرة.

2. دوافع إنشاء الألعاب التعليمية

أحد الأهداف الرئيسية لمطوري الألعاب التعليمية هو تشجيع المتعلمين على إعادة استخدام اللعبة. يساعد هذا في دعم عملية التعلم بشكل فعّال، لأن من طبيعة الأطفال تحمسّهم الدائم للعب ونفورهم من القيام بالواجبات المدرسية والتمارين. التكيّف في الألعاب الجادة هو ميزة ضرورية للغاية تسمح بتخصيص وتوسيع تجربة اللعب.

تعتبر طريقة التعلم عبر الألعاب التعليمية أفضل من الطريقة التقليدية، لأن الرسوم المتحركة في هذه الألعاب تثير ذكريات طويلة الأمد لدى المتعلمين. ويمكن أن توفر عملية التكيف المعلومات عندما يحتاج اللاعب إلى مساعدة وتحقيق توازن في عواطفه. تعزز هذه البيانات استخدام الألعاب التعليمية من قبل الأطفال، مما يتيح لهم الحصول على تجربة تعلم أكثر فعالية من خلال مواجهة مواقف عملية مدمجة في اللعبة.

3. "GEO " لعبة تعليمية تكيفية

التنوع الكبير للألعاب الجادة أدى إلى تنصيفها ضمن عائلات من الألعاب الجادة. ففي عام 2006، اقترح الأكاديميان جوليان ألفاريز Julian Alvarez وأوليفييه رامبنو Olivier Rampnoux أن يتم تصنيف الألعاب الجادة إلى خمس عائلات رئيسية:

- ألعاب الإعلانات (Advergaming)؛
- ألعاب التعلم والترفيه (Edutainment)؛
- ألعاب السوق (Edumarket game)؛
- ألعاب الالتزام الاجتماعي (أو تحويلها)؛
- ألعاب المحاكاة وألعاب التجريبية.

في إطار البحث الحالي الخاص بنا، نقدّم تكييف لعبة التعلم الموجهة للأطفال (انظر الشكل 1) والتي تعتمد على مفهوم اللعب التعليمي (Ludo-Éducatifs). لعبتنا الجادة تمّ تطويرها داخل مختبرنا (SIMPA في جامعة العلوم والتكنلوجيا محمد بوضياف، وهران). هذه اللعبة مخصصة لمادة الجغرافيا التي كثيرًا ما تُقدّم للطلاب في المدارس على أنها مجرد وصف ورسم خرائط لسطح الأرض. إلا أنّ الطلاب يجدون صعوبة في اكتساب المعرفة في هذا المجال ويعتبرون دروسه مملة.

الشكل 1. اللعبة التعليمية "GEO " لتعلم الجغرافيا (صورة مأخوذة من اللعبة)

لكي يكون المسار الذي يتم اتباعه في لعبتنا التعليمية "GEO" مثاليا ومتكيفا مع الهدف التربوي ومتلائما مع طبيعة المتعلم، نحتاج إلى صياغة طبيعته بناءً على وصف سماته وخصائصه. هدف التكييف في الألعاب التعليمية هو تعزيز بعض الخصائص المتعلقة بالفعالية ورضا المستخدمين. ومن الضروري أن يأخذ هذا التكييف في اعتباره الأهداف التربوية لضمان تجربة تعلم مثلى وملائمة للمتعلمين.

نميز بين ثلاثة أنواع من الأنظمة التي تدمج أجهزة التكييف: النظام المُكيف، حيث تُطبق تقنيات التكييف خلال مرحلة تصميم النظام؛ النوع الثاني هو النظام القابل للتكييف، حيث يقوم المستخدمون بإدخال تفضيلاتهم ويقومون بتسجيلها في نموذجٍ يتم تعديله فقط بناءً على طلب جديد واضح من المستخدم. في حالتنا، نركز على النوع الثالث من النظام التكيفي، حيث يتم تحديث نموذج المجال ذاتيًا من قبل النظام نفسه عن طريق مراقبة إجراءات وردود فعل المستخدم (تفاعله مع النظام).

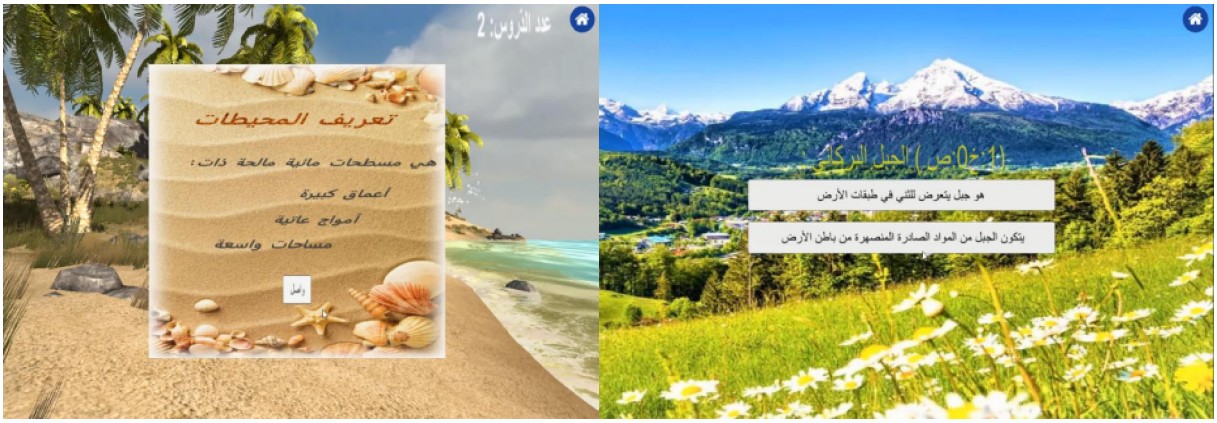
4. تعليمية اللعبة

لعبتنا التعليمية "GEO"، التي تستهدف تلاميذ المدارس في التعليم المتوسط وفقًا لمنهاج التعليم الوطني الجزائري، تتألف في البداية من ثلاث دورات مستقلة. تتكون الدورة الأولى (الكرة الأرضية) من خمسة أجزاء، وتقدم في شكل فيديو وسرد. يجب على المتعلم الإجابة عن سؤالين بنعم أو لا بين كل جزءين من أجزاء الدورة (انظر الشكل 2).

في هذا الجزء، لا يتم تقييم اللاعب، إنما هو مجرد استعداد للمرحلة التالية، والتي هي "الاختبار الشامل". بمجرد انتهاء الدرس، يجب على المتعلم الإجابة عن الاختبار الشامل، والذي يتم تقييم اللاعب خلاله. يتألف الاختبار الشامل من خمس أسئلة ذات إجابات متعددة الاختيارات. في نهاية الاختبار، يحصل اللاعب على مكافأة، وهي "اكتشاف الكواكب".

الشكل2. اللعبة التعليمية لتعلم الجغرافيا (صورة مأخوذة من اللعبة).

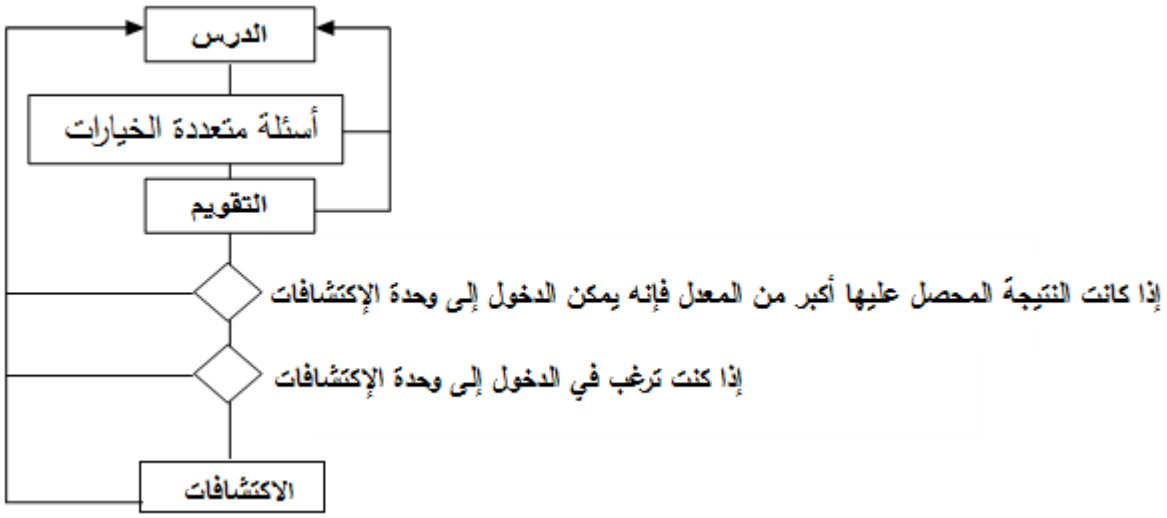
تتناول الدورة الثانية "البحار والمحيطات" ويتم تقديمها على شكل رسوم متحركة ونصوص. أما الدورة الثالثة، فتتناول "الجبال والتلال" ويتم تقديمها على شكل سرد، ورسوم متحركة، ونصوص (انظر الشكل 3).



الشكل3. اللعبة التعليمية لتعلم الجغرافيا (صورة مأخوذة من اللعبة)

5. الهيكل التنظيمي للعبة

يتميزكل جزء ببيئة وحدة وحدوث سيناريو مختلف عن السابق. تبدأ الدورات بالبحث عن كائن مرجعي يتعلق بالموضوع، ومن ثم تتقدم في الدورة عن طريق البحث عن عناصر تكشف عن محتواها. في نهاية كل جلسة، يتم تقديم مجموعة من الأسئلة للمتعلم لإثراء معرفته الشخصية وللحصول على درجة تقييمية لتقييمه ومنحه الوصول إلى الاكتشاف. إذا لم يتمكن من الإجابة بشكل صحيح، فيجب أن يكرر الاختبار (انظر الشكل 4).



الشكل 4. الهيكل التنظيمي للعبة

6. التجارب

لإجراء الاختبارات، تم بناء تكوين تجريبي. لقد قمنا باختبار النسخة 1.0 من لعبتنا "GEO" على تلاميذ السنة الثانية من التعليم المتوسط في إحدى المدارس. قمنا بمقارنة الدورة باستخدام لعبة "GEO" التعليمية مع دورة تقليدية في صف دراسي تقليدي، حيث كان محتوى الدورتين هو نفسه. لقد بدأنا بالدورة الأولى (الكرة الأرضية) التي تم تقديمها في شكل فيديو وسرد. يجب على الطالب الرد على الاختبار الشامل الذي يتم تقييمه، وفي النهاية يحصل على مكافأة وهي "اكتشاف الكواكب".

لقد قمنا بتتبع اللاعب وحفظنا سجلاته بشكل ثابت. قمنا بحساب عدد الأخطاء المتكررة والوقت المتوسط الذي يستغرقه كل متعلم للإجابة. لاحظنا أنه إذا كان اللاعب يجيب بإجابة خاطئة عدة مرات، فإن الطالب لا يحفظ. لذا يجب أن تبطئ اللعبة السرد وتتقدم ببطء، ويمكن إضافة مقترحات أخرى (مثل استخدام ردود فعل تكوينية، وإعادة الدورة، إلخ).

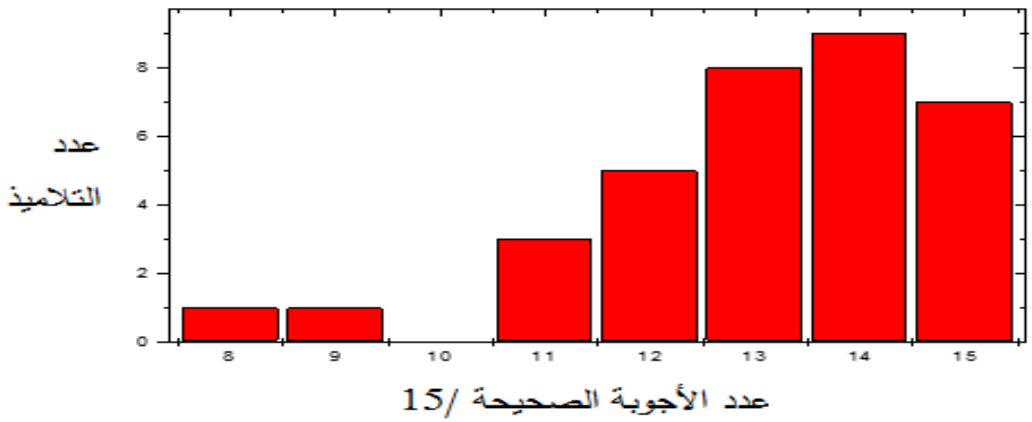
7. النتائج

أ- نتائج الدرس المقدم في القسم بدون استعمال اللعبة

بدأنا تجربتنا في فصل دراسي لمدة 45 دقيقة، وقد قدم الدرس لتلاميذ السنة الثانية من التعليم المتوسط باتباع نمط التدريس التقليدي. كان عدد التلاميذ 34 تلميذا، وتناول الدرس "المعالم الجغرافية" الذي يحتوي على نفس المحتوى الذي تتضمنه الأجزاء في اللعبة.

في الدورة التقليدية، يتم فتح النقاش، وللتلاميذ الحق في طرح الأسئلة والطلب من المعلم إعادة شرح الدورة. في نهاية الحصة، أجرى المعلم اختبارًا، وطرح نفس الأسئلة التي تم طرحها في لعبة GEO. نتائج الطلاب في الدورة التقليدية مبينة في الشكل 5.

عدد التلاميذ الإجمالي 34	تلميذ واحد	تلميذ واحد	3 تلاميذ	5 تلاميذ	8 تلاميذ	9 تلاميذ	7 تلاميذ
الأجوبة الصحيحة/15	8	9	11	12	13	14	15
الأجوبة الخاطئة/15	7	6	4	3	2	1	0



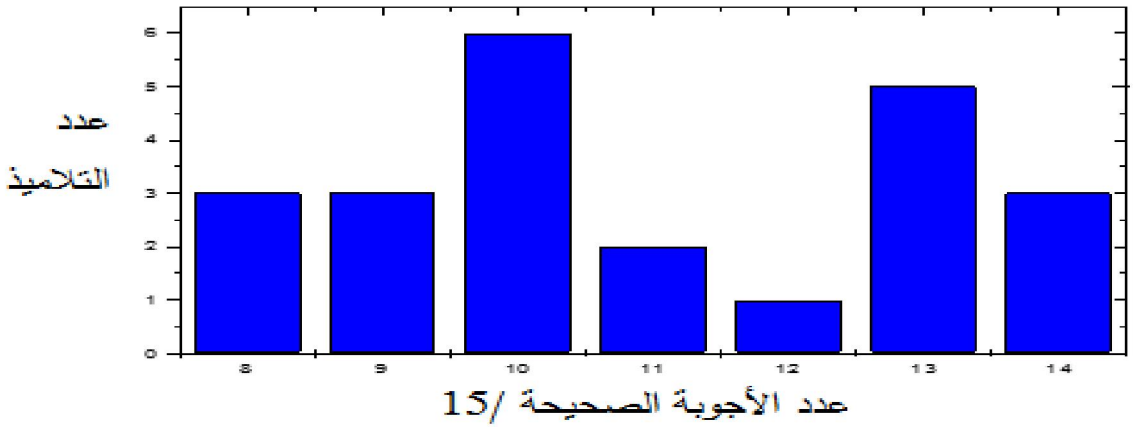
الشكل 5. الإجابات الصحيحة/الخاطئة لكل تلميذ في القسم

ب- النتائج المتحصل عليها باستعمال اللعبة التعليمية GEO

بعد ذلك، قمنا باختبار لعبتنا "GEO" لمدة 15 دقيقة لنفس تلاميذ السنة الثانية من التعليم المتوسط، بعدد تلاميذ بلغ 34 تلميذا. كان درس "المعالم الجغرافية" يحتوي على 15 سؤالًا. وقد قيّدنا إمكانية إعادة قراءة الدورة في اللعبة مرتين كحد أقصى، لرؤية ما إذا كان التلاميذ يتذكرون المحتوى أم لا.

كانت تفضيلات التلاميذ تجاه دورة "المعالم الجغرافية" التي تحتوي على فيديو وسرد. وكانت نتائج التلاميذ في لعبة GEO كما هو موضح في الشكل 6.

عدد التلاميذ الإجمالي 23	3 تلاميذ	3 تلاميذ	6 تلاميذ	تلميذان	تلميذ واحد	5 تلاميذ	3 تلاميذ
الأجوبة الصحيحة/15	8	9	10	11	12	13	14
الأجوبة الخاطئة/15	7	6	5	4	3	2	1



الشكل 6. الإجابات الصحيحة/الخاطئة لكل تلميذ في القسم باستعمال اللعبة التعليمية GEO

8. مناقشة النتائج

أثناء اللعبة، تم تكييف إعدادات اللعبة بناءً على مستوى التلاميذ (المبتدئين). الشكل 5، يُبيّن أداء كل تلميذ على حدة في الدرس العادي (داخل القسم). يمكننا أن نرى أن التلاميذ يظهرون إجابات متباينة لمدة 45 دقيقة. بينما يبيّن الشكل 6 أداء كل تلميذ في لعبة (GEO) لمدة 15 دقيقة فقط. يمكننا القول إن النتائج في الحالة الثانية التي قدمت الدورة على شكل لعبة تعليمية تكاد تكون متطابقة أو أحسن تقريبا مقارنة بالنتائج في الحالة الأولى حيث قدمنا الدورة التقليدية مع اختصار زمني يقدر بـ 30 دقيقة.

خاتمة

توجيه المتعلم خلال مسار تكوينه من خلال تقديم مسار متكيف يتناسب مع طبيعته الشخصية وذاكرته، هو الهدف الرئيسي لهذا البحث. يكمن التحدي في استغلال الإمكانات الكبيرة لأنظمة التعليم التكيفية القائمة على طبيعة ومستوى المتعلمين، بحيث تكون عمليات التعلم والوصول إلى المعرفة أكثر فعالية وتحملًا، وأكثر تكييفًا مع التطورات السريعة التي يجب أن يوجهها الأفراد والمنظمات.

من تاريخ العلوم

من خلال عدسة الإسلام: تاريخ ما قبل اكتشاف النظارات، على ضوء المصادر العربية (3)

فريد بن فغول
باحث حرّ حاليا، ومساعد بمعهد تاريخ العلوم العربية والإسلامية
في إطار جامعة ي. جوته سابقا
benfeghoul@em.uni-frankfurt.de

1. الدور الرائد للبصريات العربية

في بداية هذا البحث عثرت وأنا طالب على كتيب عن تاريخ النظارات، يذكر فيه المؤلف أنّ "ابن الهيثم أول من أشار إلى إمكانية مساعدة العين بعدسة بصرية مصقولة بشكل مناسب /.../ وبذلك تدين له الأجيال اللاحقة بفضل إيجاد هذه آلة، رغم أنّ ابن الهيثم نفسه لم يقم بصناعة حجر القراءة بشكل مباشر." [28] فكان هذا الكلام أول حافز لي للاهتمام بالعدسات البصرية ودارستها في البيئة الثقافية العربية الإسلامية.

أثناء عملية ترجمة العلوم اليونانية وتمثُّلها، نُقلت البصريات من اليونانية إلى العربية ابتداءً من القرن 3هـ/9م، وعُرفت بمصطلح "(علم أو صنعة أو صناعة) المناظر"، باليونانية hè optikè technē أو optika. فأصبحت جميع تصانيف العلماء الهلنستيين، وفي مقدّمتهم إقليدس الصوري (300 ق.م.) وَبطليموس (بطلميوس) القلوذي (نحو 100م -180م)، وغيرهما، متوفّرة بالعربية. وتأسّس هذا العلم الجديد بمصطلحاته ومناهجه ونظرياته وكل المسائل العلمية التي عالجها العلماء اليونانيون، كالإبصار والضوء واللون وقوس قزح والمرايا والانعكاس والهندسة وغير ذلك كثير.

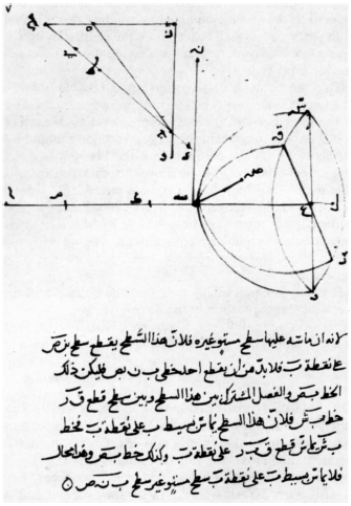
ولعلم البصريات في البيئة الثقافية العربية الإسلامية تاريخ طويل ومثير للإعجاب بتطورات مادّية ونظرية ومنهجية، بالعربية والفارسية [16] والعثمانية [13] واللاتينية، وامتداد متواضع بالعبرية [18]. وقام بالخطوات الأولى العالم الموسوعي الشهير أبو يوسف يعقوب بن إسحق الكندي (185هـ/801م-256هـ/873م) وأتباعه، كقسطا بن لوقا (القرن 3هـ/9م)، وأحمد بن عيسى (القرن 4هـ/10م) الذي كتابه في البصريات يبيّن التطور المبكّر لمفهومي الاستدلال والاعتبار [التجربة]. عقبتها مرحلة متوسطة خلاّقة مع ابن سهل (القرن 4هـ/10م)، ثمّ مرحلة النضوج التي توّجها ابن الهيثم (القرن 4هـ/10-11م)، ومرحلة الختام مع كمال الدين الفارسي (القرن 7هـ/13م) التي يمكن اعتبارها "أغنية البجعة". وقد أضاف هؤلاء العلماء أثناء هذه المراحل المتعاقبة إلى الموضوعات الموروثة من البصريات الهلنستية، مسائل وأساليب وأدوات واصطلاحات جديدة. لذا كان الأولى أن نبدأ بالبصريات، لأنها تبدو المادّة العلمية الأكثر وعدًا بالنسبة لموضوعنا، وسنقتصر منها على مسألة التكبير.

1.1. العدسات في البصريات العربية: ابن سهل

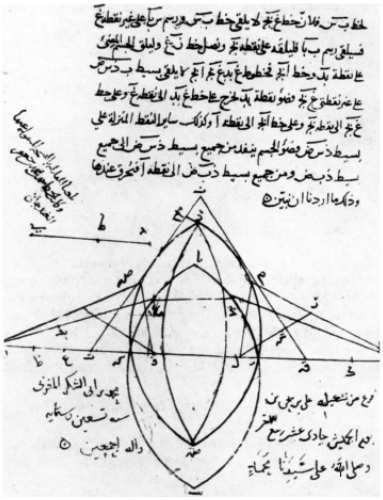
للعدسات في علم البصريات أهمية بالغة، إذ هي إنجاز تقني فائق له وقع حاسم في تاريخ البصريات وتطويراتها النظرية والتطبيقية. وقد ذكرنا في القسم الأول من هذا المقال أنها كانت معروفة من أقدم العصور إلى العصور الوسطى، وعُرفت كذلك في الحضارة العربية الإسلامية منذ زمن طويل، إلاّ أنها تنتظر بحثًا شاملًا. دُرست مسألة الانعكاس في البصريات العربية منذ الكندي. أما دراسة الانعطاف (أي الانكسار) والعدسات في مجال البصريات ظهرت مع الرياضي والفيزيائي البغدادي أبو سعد العلاء بن سهل (329هـ-940م/399هـ-1000م)، الذي له دور رائد في الدراسة

الهندسية للعدسات البلورية المسطحة المحدّبة والمحدّبة الوجهين، في "كتاب الحرّاقات" (عن أدوات الاحتراق) -أُلّف في عام 984م.

وإذا كان تأليف ابن سهل مبنيًّا على كتاب "المناظر" لإقليدس وما استمدّه من التصانيف اليونانية كصنعة المرايا المحرقة، والمخروطات، فإنه يمثّل دراسة راقية للانعكاس في المرايا المكافئة، ودراسة مبدعة للانكسار في العدسات المحدّبة. فتوصّل إلى قانون الانكسار المضاهي لما هو معروف اليوم بـ "قانون سنيليوس" (Snellius' law). ورسم لأول مرّة عدسة مسطّحة محدّبة (الشكل 1) وعدسة محدّبة الوجهين (الشكل 2) رسمًا هندسيًا دقيقا. ولرشدي راشد بحث مستفيض لإنجازات ابن سهل منها هذان الرسمان المبتكَران [19] [20] [23].



الشكل 1. عدسة مسطّحة محدّبة، من "كتاب الحراقات" لابن سهل. مخطوط 867، الورقة 7ظ؛ مكتبة ملي، طهران.



الشكل 2. عدسة محدّبة الوجهين، من "كتاب الحراقات" لابن سهل. مخطوط 867، الورقة 26ظ؛ مكتبة ملي، طهران.

إنّ اشتغال ابن سهل بالدراسة الهندسية للعدسات كان حريًّا بأن يؤدّيه إلى التوسع فيها إذ هي الكفيلة بفهم مسألة التكبير، علمًا بأنّ العدسات كانت قيد الاستخدام في زمنه (كما سنرى فيما بعد)، ولكنّ مدار أبحاثه كان دائمًا مسألة الإحراق (أو الإشعال) بالانعكاس (في المرايا) والانكسار (في العدسات). ويتضح موقف ابن سهل من عنوان كتابه ("كتاب الحرّاقات") ومقدّمته:

"وقد غَبرتُ دهرًا أبحث عن حقيقة ما يُنْحَل أصحابُ التعاليم من القدرة على إحراق جسم بضوءٍ على مسافة بعيدة، ويُضاف إلى أرشميدس من إحراقه سُفُنَ الأعداء بهذا الضرب من الحيل، حتى عرفت جملة الحال فيه، وتَعقَّبتُها بالتفصيل، فاسْتعنتُ عليه بما وجدتُه من كتب القدماء وانتزعت منها ما تضمَّنت منه، وهو وصف الإحراق بضوء الشمس المنعكس عن مرآة على مسافة قريبة، ونوع من الإحراق بضوء جسم قريب ينعكس عن مرآة. وواصلت النظر فيما لم يتضمن منه، حتى استخرجتُه وهو وصف الإحراق بضوء الشمس <الذي ينفذ في آلة وينعطف في الهواء>" [21].

فمن الواضح، والحالة هذه، أنّ مسعاه دارسة الإحراق فقط لا التكبير، فانحصر موضوعه في ذلك. ومهما يكن من الأمر فقد مهّد ابن سهل والعلماء السابقون الطريق للعالِم الذي افتتح عهد البصريات الحديثة.

2.1. فترة النضوج: ابن الهيثم وموسوعته

بلغت البصريات العربية أوجها مع العالم العراقي الموسوعي اللامع أبو علي الحسن بن الحسن ابن الهيثم البصري المصري (354هـ/965م-430هـ/1040م). ولد ونشأ في البصرة، ثم انتقل إلى مصر الفاطمية، في عهد الحاكم

بأمر الله الفاطمي (393هـ/996م-411هـ/1021م)، وفيها توفي. تأسست شهرة ابن الهيثم على إنجازاته في "العلوم الدقيقة" (كالفلك والرياضيات والفيزياء، وفي الفلسفة والطبّ) المستودعة في مؤلفاته العديدة [2]، إلاّ أنّ أهمّ أعماله هو كتابه الموسوعي الرائد في البصريات الموسوم بـ "المناظر" الذي ألّفه في القاهرة بين1011-1021. والذي ينبغي التنبيه عليه هو: إن كان هدف البصريات اليونانية تفسير الإبصار، لا فيزياء الضوء، وكان "الشعاع البصري" هو المسؤول عن الإبصار لا الضوء، قام ابن الهيثم بضربة عبقرية إذ وضع الضوء في وسط عملية الإبصار كعنصر فيزيائي الذي تنبني عليه البصريات. أمّا إنجازاته الأخرى فلا يتسع المجال لسردها [10].

وقد أطرى مؤرّخو العلوم في فضله، ولعلّ أفصح شاهد على مكانته التاريخية ما قال عنه الرياضي الأمريكي جون د. سميث John Smith: "إنّ إنجازات العالم العربي الهيثم [!] في العلوم التجريبية والنظرية تجعله شخصية من القرنين السادس عشر والسابع عشر بقدر ما تجعله شخصية زمنه، القرنين العاشر والحادي عشر" [29]. هذا ولم يبخل في تبجيله، وبدقة وإنصاف، عالمنا الكبير مصطفى نظيف في ختم دراسته المستفيضة التي نشرها سنة 1361هـ/1942م، والتي تعتبر إلى يومنا هذا أحسن دراسة عن ابن الهيثم بأي لغة كانت [5].

إن لم يكن لكتاب المناظر إلاّ تأثير محدود في وطنه وعصره، كما نلاحظه من قلّة المخطوطات المحفوظة [14]، وظلّ ابن الهيثم كالغريب بين معاصريه، فقد أعيد اكتشافه مرارًا، بترجمة كتابه إلى اللاتينية في القرن 13م، ثمّ إلى اللغة الإيطالية القديمة في القرن 14م، ثم نشْره مرّة أخرى في القرن 16 بعنوان Opticae Thesaurus [15] "ذخيرة البصريات". وقد أثّرت هذه الترجمات في أوساط علماء أكسفورد، أمثال جروسيتيت Grosseteste وَبيكون Bacon وَبيكهام Peckham، تأثيرًا عظيمًا، كما أنها انتشرت في إيطاليا حيث كان لها أثر بليغ في أوساط علماء وفنّاني عصر النهضة. فاقتحمت شهرته آفاق الغرب وأصبح اسم Alhacen و Alhazen عندهم نارًا على علم و أصبح كتاب "المناظر" نبراسًا ما فتئ يُستضاء به في علم البصريات حتى القرن17. والحقّ أنّ تأثير ابن الهيثم امتدّ من العلوم الطبيعية إلى الأدب والفن. كما أنّ إنجازاته العلمية [2][10] ونفوذه العميق في الثقافة الأوروبية يفسّر لنا كذلك ما نُسب إليه من اختراع العدسات المكبّرة، أو توسّطه في اختراع حجر القراءة، حيث يكون له حتمًا الفضل في تطوير عدسات النظارات، أو على الأقل في إلهامه آخرين للقيام بذلك الإنجاز. وقد بيّنّا في القسم الثاني من هذا المقال ما في هذه الادّعاءات غير الموثّقة من التعسف المضرّ [3].

1.2.1. ابن الهيثم و روجر بيكون

وكان من بين هؤلاء المتأثرين به الراهب الفرنسيسكاني الإنجليزي روجر بيكون Roger Bacon (1214-1294)، وهو من أبرز علماء العصور الوسطى وأكثرهم شهرة، فنُسبت إليه اختراعات كثيرة، منها النظارات، غير أنها قصة كذّبها المؤرخ الأمريكي روزين Rosen. لكن من المحقّق أنّ حوالي عام 1265م وصف بيكون بكل وضوح استخدام عدسة مكبّرة للمساعدة على القراءة (خاصّة للمسنين) والعمل الدقيق، إذ قال:

"إذا نظر شخص إلى الحروف والأشياء الدقيقة الأخرى من خلال البلور أو الزجاج أو بعض الأجسام الشفافة الأخرى الموضوعة فوق الحروف، وإذا كان حجم البلور أو الزجاج أقل من نصف كرة، مع تحدّبه تجاه العين، والعين موجودة في الهواء، تظهر الحروف أوضح بكثير وبصورة مكبَّرة ... وبالتالي، فإنّ هذه الأداة مفيدة للمسنين وذوي العيون الضعيفة، لأنها تمنح الحروف مهما كانت صغيرة تكبيرًا كافيًا لرؤيتها" [17].

وكلام بيكون هذا البالغ الأهمية -والذي لا ندري أهو يصف تجربة حقيقية أم هو مجرد اعتبار نظري، والذي لا نجد ما يضاهيه عند الفيزيائيين المسلمين- نوّه به روزين أيّما تنويه إذ قال: "لم يقتصر [بيكون] على وصف عجوز يعاني من محنة قصو النظر، بل فكّر في مساعدته، وعلى حد علمي، كان أول من عبّر عن هذه الفكرة على الورق" [25].

ومن جهة أخرى كان ابن الهيثم يدرك تكبير الماء للأشياء الغائصة فيه، وتكبير العدسات لما يُرى من وراءها، تمام الإدراك، ويذكر منها عمومًا "الأجسام المُشِفّة"، وبالتحديد الزجاج الشفّاف الجيد والبلّور و"الأحجار [الكريمة] أو "الأحجار المشفّة"، إذ أنه أشار غير مرّة إلى ذلك.

فهل ألهمَت كلمات ابن الهيثم تعليقات بيكون حول العدسات المكبّرة؟ وإذا كان الأمر هكذا فكيف يُفسَّر أنّ ابن الهيثم عجز عن إدراك ما أدركه بيكون؟ هذا ما يمكن أن نسمّيه لغز ابن الهيثم الذي سنحاول فكّه.

يقول ابن الهيثم: "إنّ الذي يغلط فيه البصر دائمًا مما يدركه من وراء الأجسام المشفّة المخالفة الشفيف لشفيف الهواء من بُعد أوضاع هذه المُبصَرات وأبعادها وألوانها وأضواءها هو إعظام هذه المبصرات وأشكال بعضها. وذلك أنّ ما يُرى في الماء ومن وراء الزجاج والأحجار المشفّة يُرى أعظم مما هو" [1].

2.2.1. محاولة فكّ "لغز" ابن الهيثم

1) يتضح من كلام ابن الهيثم أنه كان عُرضة لتثبيط معرفي، إذ يعتبر تكبير المبصَرات المرئية من وراء الأجسام المشفّة من أغلاط البصر بالانكسار. وقد خصص الفصل السابع من المقالة السابعة لـ "الأغلاط البصرية التي تعرض من أجل الانعطاف" [1]. ومصطفى نظيف أول من نبّه على ذلك إذ قال: "لم يتوسع ابن الهيثم كثيرًا في بحوثه عن الخيالات التي ترى بالانعطاف عند السطوح الكرية ..." [9] [11]
2) يخالف ابن الهيثم مبدأه القائل: "إذا كان هدف العالِم هو تعلّم الحقيقة، فلا بد له أن يجعل نفسه عدوًا لكل ما يقرأه" (نقلًا عن ابن أبي أصيبعة "عيون الأنباء في طبقات الأطباء"). لكنه سلّم برأي سائد في وقته دون الاعتماد على التحرّي والاختبار. لكنّ الواضح أنّ التكبير لم يكن مطلبه ولا في حوزة أفكاره ومفاهيمه.
3) إنّ ابن الهيثم، على إلمامه بتشريح العين، كان يظنّ خطأً -كما ظنّ جالينوس قبله- أنّ عدسة العين (المادّة الجليدية آنذاك) هي التي تتلقّى المعلومات الضوئية المرسلة إلى الدماغ عن طريق العصب البصري لإنشاء الإدراك البصري. فلو أدرك أنّ الشبكيّة هي العضو الذي تقع عليه تلك المعلومات، عساه أن يتضح له ارتباط العدسة الفسيولوجية بالعدسة المعدنية وتشابه شكلهما وظيفتهما. لذلك على الرغم من إلمامه بعناصر الإبصار بقيت مسألة التكبير خارجة عن فهمه لعجزه عن التصور أنّ مسألة فيزيولوجية طبّيّة في داخل العين قد يكون لها حلّ فيزيائي خارج عن العين (انظر أدناه).

لعلّ هذه الملاحظات، كما أظنّ، مفتاح لفهم زهد ابن الهيثم عن الاشتغال بتلك "الخيالات"(أي الصور) التي تُرى خلف العدسات. والملاحظ أنّ التعبيرات "خلف أو وراء، أو من خلال الزجاج والأحجار الشفافة" يستخدمها جميع العلماء الذين ذكروا عدسات البلور لخصائصها البصرية، وهذا يدلّ على أنّ هذه العدسات كان لها تقليد طويل قبل وحتى بعد ظهور النظارات في بلاد الإسلام حوالي عام 1355م (انظر أدناه). وهذا، مع كل الاحترام، عكس ما ذهب إليه مصطفى نظيف من أنّ "العدسات لم يكن أمرها معروفا في عصر ابن الهيثم" [11]. إنّ عدم استعداد ابن الهيثم الواضح في الخوض في ظواهر بصرية غير مألوفة كالتي تُرى خلف العدسات، كما عبَّر عنها تعبيرًا صريحًا، وَجلب له انتقادات لاذعة وغير منصفة من روزين [25]، على الرغم من أنه ليس هو المسؤول عن ذلك حقًا، بل عقلية القرون الوسطى التي توسعت سلطتها إلى العلوم في ذلك الزمن. هذا، بالمناسبة، هو رأي فاسكو رونكي Vasco Ronchi، الذي تحدث حتى عن مؤامرة الصمت على العدسات [24] التي استمرت في الدوائر الغربية حتى عصر النهضة، ممّا أعاق التطور المبكّر للتلسكوب. إن الرأي القائل بأنّ العدسات تنتج أوهامًا وأنها لا يوثق بها لم يكن مقصورًا على ابن الهيثم، بل كان سائدًا فترة طويلة حتى بعد ظهور النظارات في أوروبا في العصور الوسطى:

"/.../ على الرغم من أنّ النظارات كانت شائعة الاستخدام نسبيًا خلال القرون التالية [أي بعد القرن 13م]، لا يرد ذكر هذه الوسائل المساعدة للرؤية في المجالات العلمية حتى القرن السادس عشر. ويبدو أنّ السبب الرئيسي لهذا

الصمت هو إدانة استخدامها على أسس نظرية. نظرًا لأن العدسات تشوّه مظهر الأشياء، فيمكن اعتبارها تحدث الأوهام. وهذا يعني أنّ استخدام النظارات لا يمكن أن يؤدي إلاّ إلى الخَدع" [12].

ولعلّ هذه النتيجة المُخلِفة للظنون لا تتسع للإقناع وتستدعي السؤال إلى أي مدى كان المحيط الفكري هو سبب من أسباب عجز ابن الهيثم (وأتباعه) عن تصوّر العدسات كآلات مكبّرة. وبالفعل نلاحظ هذا التحيز عند المتكلّمين الذين يشترطون أن تكون الحواس سليمة لخدمة الأحكام السليمة، فمن منهجيتهم تحديد العوامل التي قد تعيق الإدراك الحسي السليم كالبصر والسمع، فيعتبرون النظر من خلال العدسة سببًا من أسباب الغلط. وكان أبو حامد محمد الغزالي، وهو من أكثر العلماء أثرًا في التاريخ الفكري الإسلامي (1055 أو 1056م-1111م)، أول متكلّم عثرنا عليه أعلن أن ما يُرى خلف عدسة غلط بصري. ففي الفصل الخاص بالإدراك من كتابه في المنطق، أدلى بهذا البيان الكاشِف:

"وأسباب الغلط في الإبصار الذي على الاستقامة ثمانية، والإبصار الذي بالانعكاس كما في المرآة، والذي بالانعطاف كما يرى ما وراء البلور والزجاج تتضاعف فيه أسباب الغلط ومداخل الغلط في هذه الحالة على الخصوص لا يمكن استقصاؤه في مجلدات، ولا يمكن أن يجعل علاوة على هذه العجالة" [6].

إنّ النبرة الواقعية لهذه العبارة، التي تشير إلى معرفة بالعدسة البلورية والظاهرة المرتبطة بها، في زمن الغزالي، تدعم أيضًا فكرة عدم الثقة في كلّ ما يُرى خلف العدسة. كما عبّر عنها صراحة ابن الهيثم، ومن المرجّح أنّ هذا الرأي كان منتشرًا في أوساط المتكلّمين قبل الغزالي.

وخلاصة القول: إذا كان لابن الهيثم بلا شك دور فعال في وضع البصريات على طريق الحداثة، بالنظر إلى هذا التثبيط المعرفي، لم يكن بوسعه أن يعتبر العدسات كأدوات مساعدة على الرؤية، وبالتالي لا يمكن أن يكون هو العقل المدبّر وراء ذلك الاكتشاف. فلذلك، أيّ ادعاء بأنّ ابن الهيثم صاحب الفكرة الرائدة لاستخدام عدسة بصرية كأداة مساعدة للرؤية، على خلابتها وإغرائها، وتفهّمنا لها، يجب إقصاؤها من البحث الرصين، لأنها فكرة غريبة عن ذلك العالم الفذ وعن همّه الأعلى وهو إصلاح علم البصريات.

3.2.1. "أغنية البجعة": كمال الدين الفارسي وإرث ابن الهيثم

بعدما وقفنا على الأسباب الممكنة لفهم موقف ابن الهيثم من الرؤية بالانكسار، وأنه نشأ فعلًا في بيئة شجّعته على ذلك، فإنّ الحجج التي وجدناها تشير بوضوح إلى أنّ عدسات البلور تبدو شيئًا مألوفًا عند العلماء، ومن جملتهم كمال الدين أبو الحسن بن علي الفارسي (634هـ/1236م-710هـ/1311م) [22]، أول شارح بارز لكتاب ابن الهيثم وخلفه المتميز في متابعة دراسة البصريات. ففي تقريره عن ظروف تأليف كتابه الموسوم "تنقيح المناظر لذوي الأبصار والبصائر"، يقدّم لنا الفارسي ملاحظة مثيرة للاهتمام لما يبدو عليه من الاهتمام بالصور الغريبة التي تُرى خلف العدسات كموضوع للبصريات، ولكن دون استخلاص أي عواقب عملية أو منفعة، لأنه من الأرجح أنّه كان لديه نفس التثبيط الذي عانى منه سلفه اللامع.

"ثم إني كنت برهة من الزمان مهتم النظر بتحقيق أمر المناظر، مشغوفًا بتبيين كيفية إدراك البصر للصور وخصوصًا بالانعطاف لمّا كنت أرى المبصَرات في الماء ومن وراء البلور على أشكال عجيبة تخالف مرآها بالاستقامة في الهواء، وقصور كتاب المناظر لأوقليدس عن بغيتي" [7].

ويصف لنا الفارسي تجربة مثيرة للاهتمام، يتناول فيها النظر من خلال كرة من البلور إلى نقطة مرسومة على جزازة من الورق لمتابعة حركتها بحسب تحريكه لكرة البلور:[31]

"/.../ فإنّ المعتبر [أي المختبر] إذا عمد إلى كرة بلور نقي ورسم نقطة مقتدرة الحجم على جزازة من القرطاس أبيض بلون مشرق ثم يلصق القرطاس بالكرة ثم يقابل بالكرة ضوءا يصل إلى النقطة ويتأملها حتى يدركها من وسط القطعة المقابلة فإذا أدركها حرك الكرة يمنة أو يسرة أو علوا أو سفلا برفق فيرى النقطة متحركة بحسب ذلك /.../"

من الجليّ أنّ هذه التجربة البصرية لا صلة لها بإثبات التكبير (لتسهيل القراءة)، وإن كانت عناصره متوفّرة. وليس لدينا، حتى الآن، أي دليل على أنّ الفارسي استخدم هذه الآلة أو آلة مشابهة لمساعدة العين. ويبدو لنا أنّ الفارسي كان قريبًا جدًّا من إدراك الفائدة العملية التي كان بإمكانه استخلاصها، إلاّ أنّ المسألة المطروحة أمامه غير ذات الصلة أثنته عن إدراك ذلك المطلب البعيد.

2. خلاصة مؤقتة

لقد انطلقنا في بحثنا من الافتراض أنّ علم البصريات، لصلته بموضوعنا، حريّ بأن تتمخض عن مصادره (التي لم نتناول منها إلى الآن إلاّ نزرًا قليلًا) ما يدلّ على دراسة للآلات المساعدة على الرؤية والقراءة. ولكن على الرغم من أنّ البصريات العربية توفّر لنا مشاهد رائعة حول تطوّرات هذا الحقل المعرفي، لم نعثر فيه إلى الآن على ذكر مثل هذه الآلات. بل وجدنا بالعكس أنّ كل الفيزيائيين الذين تعرّفنا عليهم كانوا على قاب قوسين من هذا الإنجاز، ولكنهم وقفوا عند هذا الحدّ. ومع ذلك ليس هذا نهاية المطاف، إذ لا يمكن استبعاد وجود بعض الأدلة في مصادر لم ننظر فيها أو لا نعرفها بعد.

(للبحث صلة)

نُشر الجزء الأول من المقال في مجلة بشائر العلوم، العدد 7، جويلية 2023.
https://www.ens-kouba.dz/magazine/pdf/n7/article7-6.pdf
نُشر الجزء الثاني من المقال في مجلة بشائر العلوم، العدد 8، أكتوبر 2023.
https://www.ens-kouba.dz/magazine/pdf/n8/article8-6.pdf

المراجع

[1] ابن الهيثم، الحسن، كتاب المناظر، مخطوط، إستانبول، مجموعة فاضل أحمد 952، 83 و.
https://archive.org/details/M-00080/FAZILAHMEDPS952/page/n3/mode/2up?view=theater
[2] بصمه جي، سائر، الحسن بن الهيثم، دليل ببليوجرافي (رسائل وبحوث)، معهد المخطوطات العربية، القاهرة، 2020.
[3] بن فغول، فريد، من خلال عدسة الإسلام: تاريخ ما قبل اكتشاف النظارات، على ضوء المصادر العربية (2)، مجلة بشائر العلوم، المدرسة العليا للأساتذة، القبة، العدد 8، أكتوبر 2022.
https://www.ens-kouba.dz/magazine/pdf/n8/article8-6.pdf
[4] راشد، رشدي، علم الهندسة والمناظر في القرن الرابع الهجري / ابن سهل، القوهي، ابن الهيثم، بيروت، ط. 2، 2001.
[5] سعد الله، أبو بكر خالد، مصطفى نظيف (1893-1971) المعجب بابن الهيثم.
https://sites.google.com/site/sadallahtribune/-3-4
[6] الغزالي، أبو حامد محمد، محك النظر (في فنّ المنطق)، تحقيق رفيق العجم، بيروت، 1994.
[7] الفارسي، كمال الدين الحسن بن علي بن الحسن، تنقيح المناظر لذوي الأبصار والبصائر. حيدر آباد 1347هـ/ 1930م، ج. 1.

[8] الفارسي، كمال الدين الحسن بن علي بن الحسن، تنقيح المناظر لذوي الأبصار والبصائر. حيدر آباد 1348هـ/ 1930م، ج. 2.

[9] قاري، لطف الله، نشأة النظارات الطبية بين الشرق والغرب، الفيصل العلمية، المجلد 1، العدد 2 (2003/1414)، 4-13.

[10] قاري، لطف الله، الإنجازات العلمية للعرب والمسلمين في القرون المتأخرة، بيروت، 2006.

[11] نظيف، مصطفى، الحسن بن الهيثم، بحوثه وكشوفه البصرية، جزءان، القاهرة، 1361هـ/1942م.

[12] Coren, Stanley, Sensation and Perception, Handbook of Psychology, 2nd ed. by Irving B. Weiner, 2013, 100-128.
[13] Fazlıoğlu, İhsan, İlm-i menâzir (Optik): Osmanlılar'da ilm-i menâzir", T.C. Diyanet Vakfı İslâm Ansiklopedisi, XXII, İstanbul, 2000.
[14] Hogendijk, Jan P., The works of Ibn al-Haytham (ca. 965-1041) https://www.jphogendijk.nl/ih/ibnalhaytham.html
[15] Ibn al-Haytham, Opticae thesaurus. Alhazeni Arabis libri septem, nunc primum editi Friedrich Risner, Basel, 1572.
[16] Kheirandish, Elaheh, Optics in the Islamic World, Encyclopedia of the History of Science, Technology and Medicine in Non-Western Cultures, 3rd ed., by Helaine Selin (Dordrecht, 2016), 3447-3453.
[17] Lindberg, D. C., The Western Reception of Arabic Optics, in Rashed, ed., Encyclopedia of the History of Arabic Science, 2, Routledge, London, 1996.
[18] Meiron, Eyal Mathematical and Physical Optics in Medieval Jewish Scientific Thought, in Gad Freudenthal, ed., Science in Medieval Jewish Cultures, Cambridge, 2011.
[19] Rashed, Roshdi, A Pioneer in Anaclastics: Ibn Sahl on Burning Mirrors and Lenses, Isis 81 (1990): 464–91.
[20] Rashed, Roshdi, Geometrical Optics, in: R. Rashed, ed., Encyclopedia of the History of Arabic Science, 2, Routledge, London, 1996.
[21] Rashed ،Roshdi, Geometry and Dioptrics in Classical Islam, London 1426/2005, 77.
[22] Rashed, Roshdi, Kamāladdīn al-Fārisī, in: Dictionary of Scientific Biography 7, 212-219.
[23] Rashed ،Roshdi, Mathématiques et optique, Paris, 2023.
[24] Ronchi, Vasco, Optics: The Science of Vision, trans. Edward Rosen, New York, 1991.
[25] Rosen, Edward, Did Roger Bacon Invent Eyeglasses? Archives internationales d'histoire des sciences 7 (1954) 3–15.
[26] Rosenfeld, B. A, Ihsanoglu, Ekmeleddin, Mathematicians, Astronomers, and Other Scholars of Islamic Civilization and Their Works (7th-19th c.), Istanbul, 2003.
[27] Sabra, A. I., in Dictionary of Scientific Biography 6 (1972) pp. 189-210 (online version, plus update).
[28] Schmitz, E.-H., Die Sehhilfe im Wandel der Jahrhunderte, Stuttgart, 1961.
[29] Smith, John D., The Remarkable Ibn al-Haytham, The Mathematical Gazette, Vol. 76, No. 475, The Use of the History of Mathematics in the Teaching of Mathematics (Mar., 1992), pp. 189-198.
[31] Wiedemann, E., Über das Sehen durch eine Kugel bei den Arabern, Annalen der Physik und Chemie 275 (1890) 565-576.

الرياضياتيّ ابن حمزة الجزائري (2)

مقتدر زروقي
أستاذ متقاعد، المدرسة العليا للأساتذة، القبة
zerrouki.m@gmail.com

تمهيد

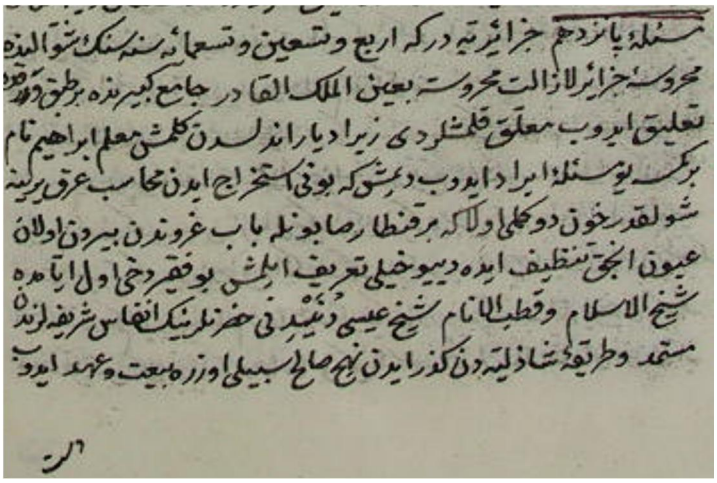
كثيرون هم الرياضياتيون الذين نعرف أسماءهم وعناوين بعض كتبهم، ولا نعرف إلّا النزر القليل عنهم وعن مؤلّفاتهم. ومنهم ابن حمزة الجزائري (كان حيًّا سنة 999هـ/1590م) الذي اشتغل وقتا طويلا بتدريس الرياضيات، وألّف فيها. ومن حسن الحظّ أنّ المؤرّخ التركي حاجي خليفة عرّفنا بكتابه. وفي حين سكوت المتخصّصين في تاريخ الرياضيات عن أعمال ابن حمزة ونفيهم اقترابه من الخاصّية الرياضياتيّة التي تُحوّل الضرب إلى جمع، فإنّ المهندس التركي صالح زكي درس مضامين كتاب ابن حمزة الموسوم بـ"تحفة الأعداد لذوي الرشد والسداد"، وأفادنا المؤرخ الفلسطيني حافظ طوقان بهذه المضامين. وكتب الأستاذ خالد سعد الله عن ابن حمزة وعن بعض أعماله، وتناوله الباحث في تاريخ الرياضيات بيير أجيرون Pierre Ageron في مقالتين، شكّك أو نفى فيهما أسبقية ابن حمزة إلى فكرة اللوغاريتم.

وقد أشرنا، في الجزء الأول من هذا المقال، إلى انشغال ابن حمزة بتعليم الحساب، واهتمامه بالمتتاليات الهندسية، التي ربّما كانت خطوة أولى في طريق اكتشاف الأداة الرياضياتيّة التي تحوّل الضرب إلى جمع؛ وإلى اهتمامه، خاصّة بالمتتاليات الحسابية، التي كانت أداته الأساسية لحلّ المسألة المكّية التي تحيّر في حلّها الفرضيون والحُسَّاب الهنود.

1. تذكير بمضمون كتابه تحفة الأعداد لذوي الرشد والسداد

بوّب ابن حمزة كتابه كما يلي:

- **المقدّمة**: في تعريف الحساب، وأصول الترقيم، ونظام العدّ، باستعمال الأرقام الغبارية.
- **المقالة الأولى**: في أعمال (العمليات الأربعة) الأعداد الصحيحة الأربعة: الجمع، والطرح، والضرب، والقسمة.
- **المقالة الثانية**: الكسور والعمليات عليها؛ وفي التجذير: الجذر التربيعي لعدد صحيح، العمليات الأربعة على الجذور، الجذر التكعيبي والجذر من المرتبة الرابعة لعدد صحيح.
- **المقالة الثالثة**: في استخراج المجهولات، باستعمال التناسب؛ بطريق الخطأين؛ بالجبر والمقابلة.
- **المقالة الرابعة**: في الهندسة. الأشكال المستوية: الزوايا، المثلّثات، الرباعيات، المجسّمات، الهرم، الموشور، الأسطوانة، الكرة.
- **الخاتمة**: أدرج فيها كثيرا من المسائل الغريبة الطريفة، ومنها المسألة التي أطلق عليها اسم المسألة المكية، وهي مسألة طريفة في ذاتها، وغريبة في حلّها؛ وكذا المسألة السبتية؛ والمسألة الجزائرية التي نصّها باللغة العثمانية في الكتاب، هو التالي:



2. تذكير بالمسألة المكّية وحلّ ابن حمزة الجزائري

في الجزء الأول من المقالة (العدد الخامس من هذه مجلة بشائر العلوم)، قدّمنا التعريف بابن حمزة الجزائري وبمضمون كتابه "تحفة الأعداد لذوي الرشد والسداد"، وتوقّفنا عند جدول حلّ المسألة المكّية. ولتيسير متابعة تصوّري، الذي سأقدّمه في هذا المقال، لحلّ هذه المسألة، أذكِّر القارئ الكريم بنصّ المسألة وبحلّ ابن حمزة الجزائري لها.

المسألة، باختصار، هي: مسلمٌ هنديٌّ توفيّ وله 9 أبناء، وترك 81 نخلة، تنتج كلّ منها سنويا:

الأولى	الثانية	الثالثة	...	الحادية والثمانون
رطلا واحدا	رطلين	3 أرطال	...	81 رطلا

أراد هذا المسلم الهندي تقسيم نخلاته الـ 81 على أبنائه التسعة بالعدل، من حيث عدد النخلات، ومن حيث كميّة إنتاجها من التمر الواجبة لكلّ واحد منهم.

طُرحت هذه المسألة على الفرضيين والحَيْسُوبِيّين في الهند، فاحتاروا في حلّها. ثمّ طُرحت على ابن حمزة وهو في مكّة المكرمة، فانبرى لحلّها بكيفية عجيبة، كما تظهر في الجدول التالي.

جدول حلّ هذه المسألة

	أ	ب	ج	د	هـ	و	ز	ح	ط
س1	1	2	3	4	5	6	7	8	9
س2	18	10	11	12	13	14	15	16	17
س3	26	27	19	20	21	22	23	24	25
س4	34	35	36	28	29	30	31	32	33
س5	42	43	44	45	37	38	39	40	41
س6	50	51	52	53	54	46	47	48	49
س7	58	59	60	61	62	63	55	56	57
س8	66	67	68	69	70	71	72	64	65
س9	74	75	76	77	78	79	80	81	73
المجموع	369	369	369	369	369	369	369	369	369

3. الإطار الرياضياتيّ الذي تصوّرناه لحلّ المسألة المكية

يمكننا أن نتصوّر أنّ ابن حمزة سلك في حلّ هذه المسألة المسلك التالي:

1- تجزئة مجموعة الأعداد $S_{81} = \{1, 2, 3, \dots\dots\dots, 81\}$ إلى 9 مجموعات جزئية:

$$S_{81} = \{X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, X_7, X_8, X_9\}$$

2- وهذه المجموعات الجزئية منفصلة عن بعضها مثنى مثنى،

3- ومجاميع الأعداد لكلّ مجموعة جزئية، هي مجاميع متساوية،

$$\begin{cases} X_i \neq \emptyset \ ; \ X_i \cap Y_j = \emptyset \ ; \ j \neq i \\ X_i \cup Y_j = S_{81} \ ; \ j \neq i \\ card\, X_i = 9 \\ \sum x_{ij} = 369 \ ; \ 1 \leq i, j \leq 9 \end{cases}$$

وهكذا تتشكّل للمجموعة S_{81} تجزئة جبرية خاصّة، في كلّ مجموعة جزئية منها 9 أعداد مختلفة، ومجاميع أعداد كلّ منها متساوية، وكل منها يساوي 369.

وتكون عناصر هذه المجموعات الجزئية كالآتي:

عناصر الجزء X_1 هي أعداد العمود الأول من جدول ابن حمزة، وعناصر الجزء X_2 هي أعداد العمود الثاني منه، وهكذا دواليك إلى غاية، عناصر الجزء X_9 هي أعداد العمود التاسع.

إنّ ابن حمزة لم يذكر هذه التجزئة بالتنظير الجبري الذي نستعمله اليوم، ولكنّ سياق الحلّ يتضمّن فكرة تجزئة مجموعة، بالمعنى الجبريّ الحاليّ. ولعلّ فكرة التجزيئ هذه هي فكرة مبتكرة، ساوَقَت حلّ هذه المسألة. وربّما لم تكن فكرة تجزيئ مجموعة بالمعنى الرياضي الحاليّ معروفة من قبل.

يمكننا أن نتصوّر أنّ ابن حمزة سلك لتحقيق الحلّ المسلك العملي التالي:

أ. لاحظ أنّ معطيات هذه المسألة توحي بمتتالية حسابية، هي متتالية الأعداد الطبيعية، من العدد 1 إلى العدد 81.

ب. عند التأمّل في جدول الحلّ وجدنا أنّ عناصر كلّ من السطرين الأوّل والثاني، وعناصر القطرين، والأوتار الموازية للقطرين تتّصف بما يلي:

- عناصر السطر الأوّل (بالترتيب من اليمين إلى الشمال) هي متتالية الأعداد الطبيعية من 1 إلى 9.
- عناصر السطر الأخير (دون العمود التاسع وبالترتيب من اليمين إلى الشمال) هي الثُّماني المرتب:

$$L_9 = (80, 79, 78, 77, 76, 75, 74)$$

فهي متتالية الأعداد الطبيعية من 74 إلى 80.

ج. عناصر القطر الرئيسيّ وعناصر الأوتار الموازية له:

- عناصر القطر الرئيسي لجدول الحلّ (بالترتيب المذكور، ومن الأعلى إلى الأسفل) هي مضاعفات العدد 9، فهي حدود متتالية حسابية، أساسها 9، وحدّها الأول ضعف 9، وحدّها الأخير مربع 9، أي متتالية حسابية:

$$(U_1) : (1, 10, 19, 28, 37, 46, 55, 64, 73)$$

$$M_9 = (81, 72, 63, 54, 45, 36, 27, 18)$$

- ونجد عناصر كلّ وتر من الأوتار التي أعلى القطر الرئيسيّ، هي حدود متتالية حسابية، أساسها 9، وحدّها الأوّل العدد الذي في تقاطع السطر الأول مع الوتر المعتبر، وحدّها الأخير العدد الذي في تقاطع ذلك الوتر مع العمود التاسع. مثلا، عناصر الوتر الذي فوق القطر الرئيسي مباشرة، والمتكوّن من الأعداد:

1، 10، 19، 28، 37، 46، 55، 64، 73

هي حدود متتالية حسابية، أساسها 9، وحدّها الأول العدد 2 من السطر الأول، وحدّها الأخير العدد 73 من تقاطع هذا الوتر مع العمود التاسع:

$$(U_2) : (2, 11, 20, 29, 38, 47, 55, 64, 73)$$

- وبالمثل، عناصر الأوتار الأخرى التي أعلى القطر الرئيسيّ هي حدود متتاليات حسابية حدّها الأوّل العدد المكوّن من تقاطع الوتر مع السطر الأول، وحدّها الأخير العدد الذي في تقاطع ذلك الوتر مع العمود التاسع.
- وأيضاً، عناصر كلّ وتر من الأوتار الموازية للقطر الرئيسيّ والكائنة أسفله هي حدود متتالية حسابية، أساسها 9، وحدّها الأول العدد الواقع في تقاطع الوتر المعين مع العمود الأول. مثلا، عناصر الوتر الذي أسفل القطر الرئيسي مباشرة، وهي الأعداد

26، 35، 44، 53، 62، 71، 80

وهي حدود متتالية حسابية، أساسها 9، وحدّها الأول العدد 26 من تقاطع هذا الوتر مع العمود الأول، وحدّها الأخير العنصر 80 الذي في تقاطع هذا الوتر مع السطر الأخير.

زيادةً على ذلك نلاحظ أنّ عناصر الوتر الأول الموازي للقطر الرئيسيّ والواقع أسفله مباشرة أرقامها متناظرة في الوضع، 18 يقابله 81 و27 يقابله 72 و36 يقابله 63 و45 يقابله 54.

9	8	7	6	5	4	3	2	1
17	16	15	14	13	12	11	10	18
25	24	23	22	21	20	19	27	26
33	32	31	30	29	28	36	35	34
41	40	39	38	37	45	44	43	42
49	48	47	46	54	53	52	51	50
57	56	55	63	62	61	60	59	58
65	64	72	71	70	69	68	67	66
73	81	80	79	78	77	76	75	74

د. عناصر الأعمدة (في أعلى القطر الأول أو أسفله):

- عناصر الأعمدة التي أعلى القطر الأول:
  - عناصر العمود رقم 9:

$$C_9 = (9, 17, 25, 33, 41, 33, 49, 57, 65, 73)$$

وهي حدود متتالية حسابية متزايدة أساسها 8، وحدّها الأول 9 وحدّها الأخير 73.

  - عناصر العمود رقم 8، الذي أعلى القطر الأول هي مضاعفات 8:

$$C_8 = (8, 16, 24, 32, 40, 48, 56, 64)$$

وهي حدود متتالية حسابية أساسها 8، حدّها الأول 8 وحدّها الأخير 64.

  - وبالمثل عناصر العمود رقم 7، باستثناء عناصر القطر الأول:

$$C_8 = (7, 15, 23, 31, 39, 47, 55)$$

وهي أيضا حدود متتالية حسابية أساسها 8، حدّها الأول 7 وحدّها الأخير 55.

وهكذا، عناصر كلّ الأعمدة التي أعلى القطر الرئيسيّ (أو تحته باستثناء عناصر القطر الرئيسيّ) هي متتاليات حسابية أساسها 8، حدّها الأول رقم العمود، وحدّها الأخير هو العدد من نفس العمود والموجود أعلى القطر الأساسي مباشرة (أو حدّها الأول العنصر الذي أسفل القطر الرئيسي مباشرة ومن نفس العمود، وحدّها الأخير هو الواقع في تقاطع ذلك العمود مع السطر الأخير).

- عناصر الأعمدة التي أسفل القطر الأول: هي متتاليات حسابية أساس كلّ منها 8، الحدّ الأول لكلٍّ منها هو العنصر (من العمود المعتبَر) الذي أسفل القطر الرئيسي مباشرة، والحدّ الأخير لكلّ منها هو تقاطع العمود

المُتَّخَذ مع السطر الأخير. مثلا، عناصر العمود الأوّل (أسفل القطر الرئيسيّ) هي حدود متتالية حسابية أساسها 8، وحدّها الأول 18 وحدّها الأخير 74، أي

$$C_1 = (18, 26, 34, 42, 50, 58, 66, 74)$$

وبالمثل، عناصر بقية الأعمدة (التي أسفل القطر الأوّل)، كلّ منها تشكّل متتالية حسابية، أساسها 8، وحدّها الأوّل العنصر الذي تحت القطر الأول مباشرة، ومن العمود المعتبر، وحدّها الأخير عنصر تقاطع العمود نفسه مع السطر الأخير.

هـ. عناصر القطر الثاني والأوتار الموازية له:

1- القطر الثاني: يتكوّن من $\{9، 16، 23، 30، 37\} \cup \{53، 60، 67، 74\}$. وكلا الجزأين يشكّل متتالية حسابية أساسها 7. وذلك لأنّ الأعداد التي أعلى القطر الرئيسي $(9, 16, 23, 30, 37)$ هي متتالية حسابية أساسها 7، حدّها الأول 9، وحدّها الأخير 37، والأعداد التي أسفل القطر الرئيسي وهي $(53, 60, 67, 74)$ هي حدود متتالية حسابية أساسها 7، حدّها الأول 53، وحدّها الأخير 74.

2- ومثل ذلك، أعداد الأوتار الموازية للقطر الثاني (التي أعلى القطر الرئيسيّ) تشكّل متتاليات حسابية أساسها 7، حدّها الأوّل تقاطع الوتر المتّخَذ مع السطر الأول، وحدّها الأخير العنصر الذي فوق القطر الأول مباشرة، ومن نفس الوتر.

3- وكذلك أعداد الأوتار الموازية للقطر الثاني (التي أسفل القطر الرئيسيّ) تشكّل متتاليات حسابية أساسها 7، حدّها الأول العنصر (من الوتر المتّخَذ) الذي أسفل القطر الأول مباشرة، وحدّها الأخير العنصر الذي في تقاطع ذلك الوتر مع العمود الأول.

4- وكذا أعداد سائر أجزاء الأوتار الموازية للقطر الثاني (التي في أعلى القطر الأول) هي حدود متتاليات حسابية أساسها 7، حدّها الأوّل تقاطع الوتر المتّخَذ مع السطر الأول، وحدّها الأخير العدد من الوتر المُتَّخَذ (الكائن أعلى القطر الأول).

5- وأيضا أعداد أجزاء الأوتار الموازية للقطر الثاني (التي في أسفل القطر الأول مباشرة تباعا) هي حدود متتاليات حسابية أساسها 7، حدّها الأوّل العدد من الوتر المتّخَذ (والكائن أسفل القطر الأول مباشرة)، وحدّها الأخير تقاطع نفس الوتر مع الوتر نفسه مع السطر الأخير.

4. أيكون جدول المسألة المكّية مربّعا سحريا؟

المربّع السحريّ هو جدول مربّع، بيوته مشغولة بأعداد، يكون مجموع التي في قطريه مساويا لمجموع التي في أسطره ومساويا للّتي في أعمدته. وقد كانت المربّعات السحرية تُستعمل كألعاب فكرية مسلّية، وتُستعمل أيضا في أعمال الشعوذة.

ونشير إلى أنّ جدول ابن حمزة ليس مربّعا سحريا، وإن كانت بعض المربعات السحرية المُتَسَّعة أي من المرتبة التاسعة (9×9) تعطي الحلّ نفسه الذي يعطيه جدول حلّ المسألة المكية، ولكنّها منشأة بكيفية مختلفة عن كيفية إنشاء مربّع ابن حمزة.

لقد اشتغل بعضُ رياضياتي الحضارة العربية الإسلامية وبعضُ الفقهاء المسلمين المتريضين، بالمربّعات السحرية، ومنهم الفقيه المالكي أحمد بن إدريس القرافي (ق 7هـ/ 13م) في كتابه الفروق، وابن قنفذ القسنطيني (ق 8هـ/ 14م)، وقبلهما فرقة "إخوان الصفا وخلان الوفا" (ق 4هـ/10م) أدرجوا في الرسالة الأولى من رسائلهم الحِكَمِية،

وهي الرسالة الرياضية الموسومة بخواص العدد، بعض المربّعات السحرية مثل المربّع 3 × 3، والمربع 4 × 4 و... والمربع 9 × 9. وفي مقال أكاديمي ذكر الباحث بيير أجيرون أنّ الفرضي المصري الحاسب محمد الشُّبْرامَلِّيسي (حوالي 1600م) أفرد للمربّعات رسالة خاصة. وذكر أيضا أنّ كلّا من الرياضياتيين أبا الوفاء البوزجاني (ق 4هـ/10م)، والحسن بن الهيثم (ت. 965هـ/1039م) قدّم مربعات سحرية تساعية، وبمسلكين حسابيين مختلفين.

وندرج الآن بعض المربّعات السحرية من مراتبة مختلفة، ليتبيّن للقارئ الكريم أنّ جدول حلّ ابن حمزة للمسألة المكية ليس من المربعات السحرية.

2	7	6
9	5	1
4	3	8

مربع سحري ثلاثي، مجاميع الأعداد في كل سطر وفي كل عمود هي 15

4	14	15	1
9	7	6	12
5	11	10	8
16	2	3	13

مربع سحري رباعي، مجاميع الأعداد في كل سطر وفي كل عمود هي 34

وقد عرض الباحث السويسري جاك سيزيانو Jacques Sesiano، في كتابه الموسوم بـ "المربّعات السحرية في البلدان الإسلامية"، أنواعا من المربّعات السحرية من مراتب مختلفة، منها مربّعات سحرية خماسية، وسداسية، وسباعية، وثمانية، وتساعية.

31	76	13	36	81	18	29	74	11
22	40	58	27	45	63	20	38	56
67	4	49	72	9	54	65	2	47
30	75	12	32	77	14	34	79	16
21	39	57	23	41	59	25	43	61
66	3	48	68	5	50	70	7	52
35	80	17	28	73	10	33	78	15
26	44	62	19	37	55	24	42	60
71	8	53	64	1	46	69	6	51

5. تعدّد حلول المسألة المكية

5	54	13	62	21	70	29	78	37
46	14	63	22	71	30	79	38	6
15	55	23	72	31	80	39	7	47
56	24	64	32	81	40	8	48	16
25	65	33	73	41	9	49	17	57
66	34	74	42	1	50	18	58	26
35	75	43	2	51	10	59	27	67
76	44	3	52	11	60	19	68	36
45	4	53	12	61	20	69	28	77

نشير إلى أنّ عدد حلول المسألة المكيّة كبيرٌ جدّا، وأحد تلك الحلول التي لم يذكرها ابن حمزة هو المربّع السحري التُساعي، الذي مجاميع الأعداد في كل عمود منه هي 369. فهو حلّ آخر للمسألة المكية، ولكنّه، مبني على غير الكيفية التي أنشأ بها ابن حمزة حلّه.

78	65	64	27	1	18	19	17	80
25	5	47	49	68	39	40	74	22
46	45	6	50	15	44	73	33	57
34	43	48	7	16	72	37	52	60
69	56	71	72	31	41	14	12	3
29	42	31	11	66	79	34	51	26
32	30	9	36	67	24	77	35	59
54	8	23	57	13	28	53	75	58
2	61	62	63	81	55	20	21	4

وهذا مربع سحري آخر فيه مجاميع الأعداد في كل عمود وفي كل سطر وفي كل قطر هو 369

50	63	67	80	3	16	20	33	37
55	68	81	4	17	21	34	38	51
69	73	5	18	22	35	39	52	56
74	6	10	23	36	40	53	57	70
7	11	24	28	41	54	58	71	75
12	25	29	42	46	59	72	76	8
26	30	43	47	60	64	77	9	13
31	44	48	61	65	78	1	14	27
45	49	62	66	79	2	15	19	32

ولأنّ مجموعَ الأعداد في كلّ عمود، من هذا المربّع السحري ثابتٌ ويساوي 369، ولكون عملية الجمع تبديلية، فإنّ تبديل عدد بآخر في العمود الواحد، أو تبديل عدد بآخر في العمود ذاته، لا يغيّر المجموع. وأيضا تبديل سطر بسطر، أو التبديل بين بعض الأسطر لا يغيّر المجموع، وبالتالي لا يغيّر الحلّ. فإنّ نظرية العدّ تعطينا (فيما يخصّ تبديل الأعداد داخل العمود الواحد وتبديل سطر بسطر) عدد الإمكانيات النظرية للحلّ، وهو $(9!)^9$. وفيما يخصّ تبديل الأعمدة مع بعضها البعض، وتبديل الأعداد مع بعضها البعض، داخل العمود الواحد، فإن نظرية العدّ تعطينا نفس العدد من الإمكانيات، وهو $(9!)^9$. ولهذا فإن العدد النظري للحلول الممكنة هو $2 \times (9!)^9$.

وإذا أضفنا المربع السحري 9×9 الذي مجموع أعداد كل عمود فيه هو 369، باعتبار أنّه أحد الحلول الممكنة، يكون العدد النظري الإجمالي لإمكانيات الحلول هو

$$NS = 2 \times (9!)^9 + 1.$$

وإذا أضفنا الجدول الآخر الذي ذكره ابن حمزة يكون عدد حلول المسألة المكية مساويا

$$NS = 2\,[(9!)^9 + 1]$$

وهذا عدد كبير مذهل،

6. خاتمة وأمل

في هذه السانحة نهيب بالزملاء، أساتذة الرياضيات للتعليم الثانوي وما بعده، أن يشيروا إلى ابن حمزة كرياضياتي جزائري، وأنّه ربّما خطى خطوة، رياضية صغيرة، نحو اكتشاف الأداة اللوغاريتمية التي نظّر لها ونظّمها نيبير Napier فيما بعد. كما نهيب بكلّ من يمكنه الإسهام في ترجمة هذا الكتاب الرياضي القيّم إلى العربية أن يبادر إلى ذلك، خدمة لتراثنا العلمي، وتخليدا لرياضيّنا الحصيف ابن حمزة، رحمه الله وعفى عن نقيصته، بتحرير كتابه القيم هذا بلغة آلت إلى الضمور، حتى عند أهلها، ولعلّ في خطيئته هذه عبرة لأولي الأبصار، المؤلّفين بلغة مآلها الضعف والاندثار.

المراجع

[1] ابن حمزة، عليّ بن وليّ، تحفة الأعداد لذوي الرشد والسداد، مخطوط السليمانية، رقم 1/3151.

[2] إخوان الصفا، رسائل إخوان الصفا وخلان الوفا، المجلد الأول، الرسالة الأولى في العدد، دار بيروت للطباعة والنشر، بيروت.

[3] بالطيب، عبد اللطيف، معجم الرياضيين العرب والمسلمين، دار النعمان للطباعة والنشر، الجزائر، 2013.

[4] حاجي خليفة، كشف الظنون عن أسامي الكتب والفنون، الجزء 1، دار الفكر، بيروت، 2007.

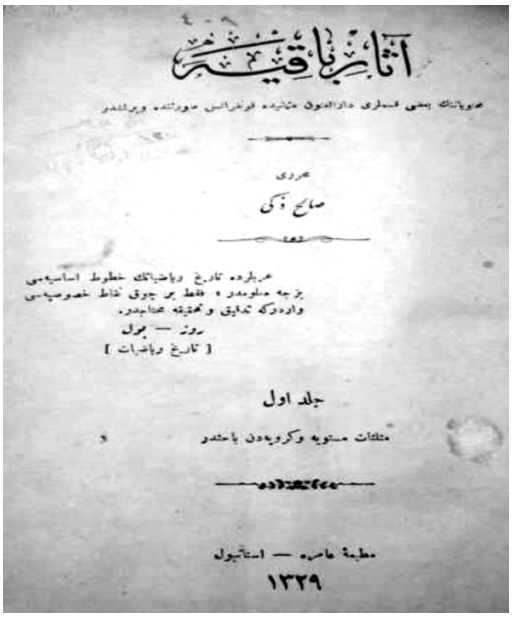
[5] سعد الله، أبو بكر خالد، ابن حمزة الجزائري مدرس الرياضيات في مكة المكرمة (ق 10هـ/16م)، مجلة الدارة، 03، 2010، 105-116.

[6] طوقان، قدري حافظ، تراث العرب العلمي في الرياضيات والفلك، المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم، القاهرة ـ بيروت، 1963.

[7] Ageron, Pierre, Le problème des quatre-vingt un palmiers, Université de Caen, IREM de Basse-Normandie, 7, 2011, 20 - 23.

[8] Ageron, Pierre, Ibn Hamza a-t-il découvert les logarithmes?, Constitution et circulation du discours islamocentré sur l'histoire des mathématiques, IREM de Basse-Normandie & Université de Caen, 2011, 339 – 359.

[9] Sesiano, Jacques, Les carrés magiques dans les pays islamiques, Presses polytechniques et universitaires romandes, Lausanne, 2004.


آثار باقیه

جلد اول

مطبعه عامره — استانبول

۱۳۲۹

مصادر ومحتوى وإسهامات الرياضيات العربية قبل القرن 6هـ/12م (2)
المصادر اليونانية

وسيلة غرابة
مخبر الإبستمولوجيا وتاريخ الرياضيات، المدرسة العليا للأساتذة، القبة
أستاذة بقسم الرياضيات والإعلام الآلي، كلية العلوم، جامعة الدكتور يحي فارس، المدية
o.gheraba@yahoo.fr

تعتبر الرياضيات اليونانية أكبر وأهم مصدر أخذت منه الرياضيات العربية. وبحسب المواضيع التي تناولتها والمسائل التي طرحتها مؤلفاتُ هذا الموروث المترجمة، أُنتجت ميادين الدراسة والاهتمامات لدى رياضياتي التقليد العربي. من بين هذه المواضيع، والتي كانت الأكثر تناولا في التقليد الرياضياتي العربي: الهندسة ونظرية الأعداد. فيما سنشرع في تناول موضوع الهندسة في هذا المقال، سنؤجل الحديث عن موضوع نظرية الأعداد إلى الجزء الثالث من سلسلة المقالات هذه.

الهندسة

تؤكد الكتابات الأولى بالعربية، التي بدأت من أواخر القرن الثامن إلى أوائل القرن التاسع للميلاد، أنّ التقاليد الهندسية اليونانية والهلنستية والهندية (التي اتّبعت جزئيا التقليد اليوناني) أُدمجت مع معارف الأمم الأخرى. وقد أجابت الهندسة على ثلاثة مطالب:

1. المطلب الأول

يتعلق المطلب الأول بحلول مسائل المعاملات، بمفهومها القضائي. وتشكلت بواسطتها عمليات رياضية كانت تنتمي إلى تقاليد محلية (بلاد الرافدين، فارسية، بيزنطية). وبظهور مسائل جديدة وتطور الرياضيات طبّقت خوارزميات أخرى. [8]

يدخل هذا المجال ضمن الهندسة العملية أو ما يسمى بعلم الحيل (علم الطرائق الهندسية). وينضوي تحته عدد من الفروع العلمية، من بينها حساب المساحة أو التكسير. أولى الكتابات المترجمة في هذا المجال من اليونانية هو كتاب **علم المناظر** لأوقليدس (Euclid)، وفيه دراسة لمسألة في المساحات المجسّمة. وقد درس هذه المسألة أبو يوسف الكِندي (ت. 873م)، ومن بعده سنان بن الفتح (ق. 9-10م) تحت عنوان **المساحات المناظرية**، ثم القبيصي (القابصي). كما توجد قائمة كبيرة من الرياضيين الذين درسوا علم المساحة والتكسير. [5]

ضمن نفس الميدان، وفي فصل "المساحة" من كتاب الخوارزمي (ت. حوالي 850م)، **كتاب الجبر والمقابلة**، يعطي الخوارزمي دون إثبات حساب مساحة المثلثات والمضلعات المنتظمة وقيمة تقريبية للعدد π، وهي نسبة أرشميدس (Archimedes). ويقترح قواعد لحساب حجم الموشور والهرم والأسطوانة والمخروط. وقد احتوت عدة كتيبات عربية في الحساب والجبر أجزاء مشابهة لفصل المساحة في كتاب الخوارزمي. [7]

ولاحقا يقدّم ابن الهيثم (ت. بعد 1040م) في مؤلفه **في أصول المساحة**، حسابًا لمساحة الدائرة وفق نهج أرشميدس. ثم ينتقل بعد حساب المساحات المسطحة إلى حساب حجوم بعض المجسمات التي يستخدمها المسَّاحون. وهو، في مؤلّفه، لم يكن على علم فحسب بأعمال أسلافه، بل قد أثبت في أعمال له سابقة قاعدة حجم الكرة. ويُنهي كتابه بجدول المسَّاح الذي يتناول فيه نتائج وطرائق القياس بدون براهين، وذلك ليسهل على المسَّاح أخذ الصيغة التي يحتاجها. [5]

فرعان آخران يدخلان ضمن علم الحيل، هما فن البناءات الهندسية والميكانيك. في الفرع الأول كرَّس ثابت بن قرة (836-901 م) مؤلفين للبناءات الهندسية، أعطى فيهما حلا لمسألة تقسيم مربع مبني على وتر مثلث قائم إلى مربعات مبنية على أضلاع المثلث عينه، ومسألة أخرى في عملية البناء الفضائي. [7]

أمّا في الميكانيك الذي تنضوي تحته الآليات والآلات المستخدمة للبناءات الهندسية، كُرّسا الكتابان لهذا المجال: **كتاب الحيل الروحانية والأسرار الطبيعية في دقائق الأشكال الهندسية** لأبي نصر الفارابي (ت. نحو 950م)، **وفيما يحتاج إليه الصانع من الأعمال الهندسية** لأبي الوفا البوزجاني (940-998م). ويحتوي الكتابان على بناءات بالمسطرة والبركار لبعض المضلعات المنتظمة، وبناءات فيها أدوات خاصة بمسألة الوسطين وتثليث الزاوية وتحويلات مضلع إلى مضلع آخر، وبناء مرآة حارقة، وبناءات في الفضاء وعلى كرات وقمم متعددي السطوح المنتظمة ونصف المنتظمة. وفي رسم القطوع يعطي الحسن بن موسى بن شاكر (ق. 9م) في كتاب **الشكل المدور المستطيل** طريقة لرسم القطع الناقص بربط حبل بمسمارين وشدّه جيدا بحبل ثالث. [7]

تتعلق دراسة البناءات الهندسية والآلات أيضا بدراسة مراكز الأثقال. برز في هذا المجال أبو سهل (ويجن) بن رستم القوهي (أو الكوهي) (ق. 10-11م)، فقد اهتم بتطبيق الرياضيات على علم الفلك وعلى ميكانيكا السكون. في دراسة الآلات الرياضية، قام بتصميم آلة خاصة للبناء المتواصل لقطوع مخروطية سمّاها البركار التام، حيث ركّب القوهي بين تقليدي الهندسة اليونانية -هندسة أرشميدس وهندسة أبولنيوس (Apollonios)- لكي يتقدم في حقل التحويلات الهندسية. إنّ كتاب القوهي **مساحة المجسم المكافئ** جزء من مشروع واسع يهدف إلى دراسة مراكز الأثقال، انطلق فيه القوهي من كتاب ثابت ابن قرة، وابتكر طريقة لإيجاد مساحة المجسم المكافئ لا تتطلب سوى مقدمتين. فقلّص بذلك المقدمات الحسابية الكثيرة عند ثابت بن قرة، وركّب بين الطرائق الهندسية وبين طريقة المجاميع التكاملية التي تمت إعادة اكتشافها معه. [3]

2. المطلب الثاني

كان المطلب الثاني ناتجا عن حلول مسائل علمية متعلقة بميادين أخرى مثل الجغرافيا والفلك والتنجيم. هذه المجالات نشّطت عدة فصول، منها فصلين قديمين، هما هندسة الكرات وعلم المثلثات، تزاوجت فيهما أدوات الحضارة اليونانية والمفاهيم المترية الهندية، وهو ما يُلاحظ في مبرهنة مينلاوس (Menelaus) الضرورية في الفلك اليوناني والعربي بين القرنين التاسع والعاشر الميلاديين. كما ظهرت مفاهيم جديدة (الظل وظل التمام)، وعدة نتائج حققها علماء كبار مثل أبو الوفا البوزجاني، حبش الحاسب (ق. 9م) والبتّاني (ت. 929م). [8] وقد كان البيروني (973-1048م) أول من اعتبر نصف القطر وحدة، وبالتالي أعطى للجيوب القيم التي نعطيها اليوم. [1]

قد يكون من المبالغة القول بعدم وجود شيء في علم المثلثات قبل القرن التاسع الميلادي؛ فمفهوم الجيب هندي، والأسس عائدة إلى العصر اليوناني مع جدول الأوتار ومبرهنة منلاوس الكروية. لكن العلماء العرب استخدموا هذه المكتسبات وحولوها إلى علم مرمّز، وتحولت بين أيديهم حسابات **المجسطي** الهندسية بواسطة جداول الأوتار، إلى أداة ذات مرونة فريدة، وتطورت تقنيات أخرى عديدة للحساب الفلكي، مثل استخدام الدالات المساعدة والاستكمال

والطرق الحسابية التكرارية. [2] كما ساعدت حلول معادلات للأضلاع الصماء لمضلعات منتظمة خاصة، مثل المسبع والمتسع وذي 180 ضلعًا، في جمع لوحات علم المثلثات. [7]

كما نشّطت هذه الميادين، بدءًا من القرن التاسع، استخدام التحويلات الهندسية والتي كان لها مصطلح خاص يميزها وفق السِجزي (ق. 10-11م)، وهو "النقل" تحت عنوان "علم التسطيح". فقد كان لبعض التحويلات بعض الحضور عند أرشميدس وأبولونيوس بشكل خاص، بيد أنّ استخدامها في القرن التاسع أصبح أكثر شيوعا، كما أضحى مجال تطبيقها أكثر امتدادا. إنّ اهتمام الهندسيين آنذاك لم يقتصر فقط على دراسة الأشكال الهندسية فحسب، وإنّما تعدّاها إلى دراسة العلاقات التي توحّد هذه الأشكال. ومن بين تطبيقات هذه العلاقات في الفلك إعداد عمليات التمثيل الدقيق للكرة على قواعد هندسية متينة بغية بناء الأسطرلاب. [6]

إن التشابك بين البحث في الإسقاطات وهندسة القطوع المخروطية قد حدث تحديدا في كتاب **الكامل** للفرغاني (ت. بعد 861م)، الذي كان أحد فلكيي الخليفة المأمون. كرّس الفرغاني في كتابه، فصلا كاملا لهندسة الإسقاطات، تحت عنوان **في تقديم أشكال هندسية يستدل بها على هيئة الأسطرلاب**. وقد أعطى فيه الدراسة الهندسية الفعلية الأولى للإسقاطات المخروطية. ومن الفرغاني إلى البيروني في القرن الحادي عشر، مرورًا بشكل خاص بالقوهي وابن سهل (ق. 10م)، شهد هذا البحث الهندسي انتشارًا وترسيخا أكيدًا. [6]

في تطبيق آخر للهندسة في ميدان الفلك، توجد مسائل السطوح والمجسمات ذات الإحاطة المتساوية. فقد كان علماء الفلك بحاجة إلى البحث في "الأقصويات" لإثبات كروية السماء والعالم. تاريخ هذه المسألة يبدأ بخلف أرشميدس، زينودورس (Zenodorus). يذكر ثيون الإسكندري (Theon of Alexandria)، في مؤلفه **شرح المقالة الأولى من المجسطي**، صيغة بطلميوس التالية: "ومن أجل الأشكال الكثيرة الأضلاع البسيطة، تكون الدائرة أعظم الأشكال البسيطة، وتكون الكرة أعظم الأشكال المجسمة، فالسماء أعظم ممَّا سواها من الأجسام". اهتم الرياضياتيون من بعده بهذه الصيغة وأرادوا إثباتها، منهم بابوس (Pappus) في المقالة الخامسة من **المجموعة الرياضية**. وقد كان نص ثيون وكتاب المجسطي لبطلميوس (Ptolemy) معروفين من قبل الرياضيين وعلماء الفلك في بغداد في القرن التاسع، وقد أحدثا تقليدًا في البحث بدأ مع الكندي، وتبعه ابن هود (ق. 11م) وجابر ابن أفلح (ق. 12م)، وبخاصة الخازن (ق. 10م) وابن الهيثم. [3]

يقترح الخازن إثبات صيغة بطلميوس، وهو عبارة عن شرح للمقالة الأولى لكتاب **المجسطي** من دون أن يستطيع أن يثبت المبرهنة. لم يستخدم الخازن الحساب ولكن استخدم الهندسة. وفكرته تكمن في أنّ الشكل الأكثر تناظرًا من بين جميع الأشكال المحدبة من نوع معلوم (مثلث، معين، متوازي أضلاع) هو الذي يحقق نهاية قصوى (عظمى أو صغرى) لمقدار ما (مساحة، نسبة بين مساحتين، محيط، إلخ). استخدم الخازن نتيجة، سبق وأن بيّنها كل من زينودوروس وبابوس، وهي "من بين كل الأشكال المتساوية المحيطات والتي لها العدد نفسه من الأضلع، يكون الأعظم (مساحة) هو المضلع المنتظم". ويعمد بالنسبة إلى الأشكال الهندسية المستوية ذات المحيطات المتساوية، إلى مقارنة المضلعات المنتظمة متساوية المحيطات والمختلفة في أعداد أضلاعها، ثم مقارنة بين مضلع منتظم وبين دائرة، حيث يكون محيطاهما متساويين، وذلك بواسطة متعدد أضلاع آخر شبيه بمتعدد الأضلاع الأول ومحيط بالدائرة. ثم ينتقل الخازن إلى المجسمات، ويستخدم المخروطات ومتعددي أضلاع في الفضاء متساوية السطوح محاطة بكرة مماسة ومحيطة بها (وهو يخطئ بالتسليم بوجود هذا المجسم المنتظم). [3]

نجح ابن الهيثم في إثبات المبرهنة في الحالة المستوية، ومساره يختلف عن مسار الخازن. إذ يثبت أن مساحة الدائرة نهاية لمتتالية من مساحة متعددات أضلاع متساوية الأضلاع. أما بالنسبة إلى الفضاء، فالمسألة معقدة. فيلجأ إلى إثبات القضية التالية "كل متعددي قواعد منتظمين، متشابهي الوجوه ومتساويي المساحة، فذاك الذي له وجوه

أكثر منهما يكون الأكبر حجما. وكل متعددي قواعد منتظمين، متشابهي الوجوه ومحاطين بكرة واحدة، فذاك الذي له وجوه أكثر منهما يكون ذا المساحة والحجم الأعظمين". حاول ابن الهيثم، كما في الحالة المستوية، إيجاد متتالية من متعددي القواعد المنتظمة والتي تنتهي إلى الكرة. ولكن في حالة الفضاء هذا غير ممكن لأن متعددي القواعد تكون منتهية. رغم أن ابن الهيثم لم ينجح في إثبات ذلك، لكنه يجري تطبيقا مهما وموسعا لبعض خواص الزاوية المجسمة، وتكمن أهمية إثباته أيضا في دمج الإسقاط المخروطي وتعريف اللامتناهية الصغر للشرائح الهرمية. [4]

سنتناول المطلب الثالث في الجزء الثالث من سلسلة المقالات هذه.

المراجع

[1] الأقليديسي، أبو الحسن أحمد بن إبراهيم، الفصول في الحساب الهندي، تحقيق أحمد سليم سعيدان، منشورات جامعة حلب، معهد التراث العلمي العربي، حلب، 1984.

[2] ديبارنو، ماري تيريز، علم المثلثات: من الهندسة إلى علم المثلثات، في موسوعة تاريخ العلوم العربية، ج. 2، إشراف رشدي راشد بمعاونة ريجيس مورلون، مركز دراسات الوحدة العربية، بيروت، 2005.

[3] راشد، رشدي، الرياضيات التحليلية بين القرن الثالث والقرن الخامس للهجرة، ، ج. 1، المؤسسون والشارحون: بنو موسى، ابن قرة، ابن سنان، الخازن، القوهي، ابن السمح، ابن هود، مركز دراسات الوحدة العربية، بيروت، 2011.

[4] راشد، رشدي، الرياضيات التحليلية بين القرن الثالث والقرن الخامس للهجرة، ج. 2، الحسن بن الهيثم، مركز دراسات الوحدة العربية، بيروت، 2011.

[5] راشد، رشدي، الرياضيات التحليلية بين القرن الثالث والقرن الخامس للهجرة، ج. 3، الحسن بن الهيثم: نظرية المخروطات، الأعمال الهندسية والهندسة العملية، مركز دراسات الوحدة العربية، بيروت، 2011.

[6] راشد، رشدي، الرياضيات التحليلية بين القرن الثالث والقرن الخامس للهجرة، ، ج. 4، الحسن بن الهيثم: المناهج الهندسية، التحويلات النقطية، فلسفة الرياضيات، مركز دراسات الوحدة العربية، بيروت، 2011.

[7] روزنفيلد، بوريس أ.، و يوشكفيتش، أدولف ب.، الهندسة، في موسوعة تاريخ العلوم العربية، ج. 2، إشراف رشدي راشد بمعاونة ريجيس مورلون، مركز دراسات الوحدة العربية، بيروت، 2005.

[8] Djebbar, Ahmed, Les mathématiques arabes et leur circulation dans l'Occident latin, In The difusion of the Islamic Sciences in the Western World, Firenze, 2020.

تعليمية وتربية

نماذج حول بعض الظواهر المثيرة في عالم الأعداد

محمد بوضياف
أستاذ بقسم الرياضيات، المدرسة العليا للأساتذة، القبة

تدلّ عدّة شواهد مادية على أنّ استخدام الأعداد يعود إلى حوالي 3400 سنة قبل الميلاد ببلاد الرافدين. وقد جاء ظهورها، حسب كثير من المصادر التاريخية، في سياق بحث إنسان الحضارات القديمة عن أدوات للعدّ والقياس لتلبية بعض احتياجاته الحياتية كعدّ ممتلكاته، والقيام ببعض الحسابات المتعلّقة بأعماله التجارية والفلاحية كقياس بعض المقادير مثل الأطوال والمساحات، وكذا القيام ببعض التقديرات أو التوقّعات التي تخصّ حدوث بعض الظواهر الطبيعية والأحداث الفلكية. ولأنّ الإنسان بطبعه توّاق للمعرفة، شغوف بالابتكار، لم يتوقّف عند استخدام الأعداد كأداة للعدّ والقياس فحسب، بل راح يتّخذ منها موضوعًا للدراسة والبحث، حيث انخرط في هذا المسعى كثير من الفلاسفة والمفكّرين.

تركّز الاهتمام في البدايات على وضع رموز للأعداد وبناء أنظمة للعدّ وابتكار بعض التقنيات لإجراء العمليات الحسابية المختلفة على بعض الأصناف من الأعداد، وكذا حلّ بعض الأنماط من المعادلات. وشيئا فشيئا، أخذ التعامل مع الأعداد ككائنات مجرّدة يأخذ اهتماما متزايدا من قبل رياضياتي مختلف الحضارات المتعاقبة، حيث تمّ تصنيفها وفقًا لبعض الخصائص المميّزة، ودراسة علاقاتها فيما بينها، وما يمكن تشكيله بواسطتها من بُنًى أو كيانات رياضياتية ضمن ما يُعرف في وقتنا الرّاهن بنظرية الأعداد.

ورغم ما توصّل إليه الأسلاف، عبر مختلف العصور، من نتائج مبهرة في عالم الأعداد منذ يثاغورس، ما يزال هذا العالَم يحتفظ بكثير من أسراره، ما يجعله يستهوي كثيرا من الباحثين والمدرّسين وحتى بعض الفضوليين خاصّة المولعين منهم بإبراز متعة وجمال الرياضيات. وهو ما يعنينا في هذا المقال، حيث سنحاول تقديم بعض النماذج عن هذا الجانب.

1. ثابت كابريكار أو العدد الجوهري 6174

كان كابريكار Kaprekar (1905-1988) معلّم رياضيات بإحدى القرى الهندية. وقد ذاع صيته لدى علماء الرياضيات داخل الهند وحتى خارجها بما كان يقترحه على تلامذته من ألعابٍ تتعلّق بالأعداد، تثير دهشة العقول وتستدعي التدبّر والبحث؛ مما جعله يحظى بدعوات لتقديم إسهاماته في العديد من مؤتمرات الرياضيات.

في مؤتمر للرياضيات، عقد بمدينة مادراس الهندية عام 1949، عرض كابريكار على المشاركين لعبة تتمثّل في الخوارزمية التالية:

1- اختر عددا مؤلّفا من أربعة أرقام بحيث يكون اثنان على الأقلّ منها مختلفين.
2- احسب الفرق بين أكبر وأصغر عددين يمكن تشكيلهما بواسطة أرقام العدد المختار.
3- إذا كان العدد الناتج عن الفرق يستجيب لشرط الخطوة الأولى، أَعِد الخطوة الثانية باستخدام أرقام هذا العدد.
4- كرّر الإجراء السّابق مع ناتج كلّ فرق يستجيب لشرط الخطوة الأولى. ماذا تلاحظ؟

دعنا نجرّب ونكتشف معا. لنأخذ مثلا العدد 2023.

أكبر وأصغر عددين يمكن تشكيلهما بواسطة أرقام هذا العدد هما3220 و0223 على التوالي. ولدينا:

3220-0223=2997
9972-2799=7173
7731-1377=6354
6543-3456=3087
8730-0378=8352
8532-2358=6174
7641-1467=6174

لاحظ أنّه ابتداء من الخطوة السّادسة يكون ناتج الفرق في هذه الخوارزمية ثابتا ويساوي 6174 بالضبط.

ملاحظات

- عادة ما يتمّ عرض الأعداد المستخدمة في خوارزمية كابريكار حسب تسلسل ظهورها بدءًا بالعدد المختار. على سبيل المثال، سلسلة الأعداد المولّدة بالعدد 2023 هي:

2023, 2997, 7173, 6354, 3087, 8352, 6174, 6174, …

- إذا كان عدد أرقام أحد نواتج الفروق أقلّ من أربعة نكمل عدد أرقامه بوضع أصفار عن يساره. على سبيل المثال، إذا اخترنا في البداية العدد 1211 نجد:

2111-1112=0999 ; 9990-0999=8991 ; 9981-1899=8082 ;
8820-0288=8532 ; 8532-2358=6174.

سلسلة الأعداد المولّدة بالعدد 1211 هي:

1211, 0999, 8991, 8082, 8532, 6174, …

- ليكن n عددا طبيعيا مؤلّفا من أربعة أرقام a، b، c، d، بحيث اثنان على الأقلّ منها مختلفان. إذا افترضنا $a \le b \le c \le d$ فإنّه يمكن نمذجة خوارزمية كابريكار كالآتي:

$$K(n) = dcba - abcd = n_1, K^2(n) = K\big(K(n)\big) = K(n_1) = n_2, \dots$$

عندئذ، سلسلة الأعداد المولّدة بالعدد n هي:

$$n, n_1, n_2, \dots$$

على سبيل المثال، من أجل العدد 1211 لدينا:

$$K(1211) = 2111 - 1112 = 0999\ ;\ K^2(1211) = K\big(K(1211)\big) = K(0999) = 8991.$$

- إذا تخلّينا عن شرط تمايز الأرقام وتجاهلنا الأصفار عن يسار الأعداد (الأصفار غير المعنوية) فإنّ سلسلة الأعداد التي تتولّد عن خوارزمية كابريكار يمكن أن تستقر عند ثابت معدوم.

المذهل في الأمر، هو ادّعاء كابريكار، أمام الحضور في الملتقى المذكور آنفا، بأنّه مهما كان العدد الذي يُختار في البداية، بحيث يستجيب للشرط المذكور في الخطوة الأولى من الخوارزمية، فإنّه بعد إجراء بعض الخطوات من هذه الخوارزمية يتمّ حتما الحصول على العدد الثابت 6174.

يوصف هذا العدد بثابت كابريكار أو كذلك بالعدد السحري لخوارزمية كابريكار. لكنّني شخصيا أفضّل الوصف الأوّل، كما يمكن وصفه أيضا بالعدد الجوهري تثمينا لما يختبئ وراءه من أسرار نفيسة.

أثار هذا الادّعاء دهشة الحضور فراحوا يبحثون عن مثال مضاد لكن دون جدوى، مما جعل بعضهم يتّخذ من خوارزمية كابريكار موضوعا للبحث. وقد ازداد القوم ذهولا ودهشة حينما تمّ إثبات صحّة ما ذهب إليه كابريكار، بل أكثر من ذلك، فقد تمّ إثبات أنّ العدد 6174 يظهر بعد ثماني خطوات على الأكثر من تطبيق الخوارزمية. بمعنى، أنّه إذا لم تحصل على هذا العدد إلى غاية الخطوة الثامنة فاعلم بأنّك ارتكبت خطأ ما في حساباتك وعليك أن تحاول من جديد.

عزيزي القارئ، وأنت تتلو هذه السطور، دون شك، يختلج في نفسك تساؤلٌ عمّا إذا كانت هنالك أعداد جوهرية أخرى مثل العدد 6174، مؤلّفة من خمسة أرقام أو أكثر من ذلك أو أقلّ، وربّما تحضر ورقة وقلمًا وتشرع في التجريب أو ربّما تعتزم القيام بذلك فور انتهائك من قراءة هذا المقال. لا داعي للمغامرة والتورّط في متاهات الحسابات، ولتطمئن فقد ناب عنك وعنّي من هم أجرؤُ وأقدرُ على تحمّل ما يتطلّبه خوض مثل هذه المغامرات من وقت وجهد حيث تمّت دراسة خوارزمية كابريكار ليس في نظام التمثيل العشري فحسب، بل في عدّة أنظمة لتمثيل الأعداد. ففي النظام الأكثر تداولا (العشري)، كشفت بعض الدراسات أنّه ينجم عن تطبيق الخوارزمية المذكورة باستخدام أعداد مؤلّفة من رقمين إلى ثمانية أرقام إحدى النتائج التالية:

- وجود عدد جوهري. يتحقّق ذلك في حالتين فقط والعددين الناتجين هما 6174 و495.
- وجود أعداد جوهرية ضمن نطاق محدود من الحالات.
- وجود سلاسل دورية من الأعداد.
- وجود سلاسل دورية من الأعداد ضمن نطاق محدود من الحالات.

يلخّص الجدول الموالي النتائج المتوصّل إليها في الدراسات المذكورة سابقا.

عدد الأرقام	نتيجة تطبيق خوارزمية كابريكار	ملاحظات
2	9, 81, 63, 27, 45, …	سلسلة دورية
3	495	ثابت جوهري
4	6174	ثابت جوهري
5	05355, 59994, … 62964, 71973, 83952, 74943, … 61974, 82962, 75933, 63954, …	سلسلة دورية في 3002 حالة سلسلة دورية في 43219 حالة سلسلة دورية في 43770 حالة
6	420876, 851742, 750843, 840852, 860832, 862632, 642654, … 549945 631764	سلسلة دورية في 841996 حالة ثابت جوهري في 1815 حالة ثابت جوهري في 56180 حالة
7	7509843, 9529641, 8719722, 8649432, 7519743, 8429652, 7619733, 8439552, …	سلسلة دورية
8	63317664 97508421 64308654, 83208762, 86526432, … 43208766, 85317642, 75308643, 84308652, 86308632, 86326632, 64326654, …	ثابت جوهري في 556234 حالة ثابت جوهري في 2041186 حالة سلسلة دورية في 43200472 حالة سلسلة دورية في 44202099 حالة

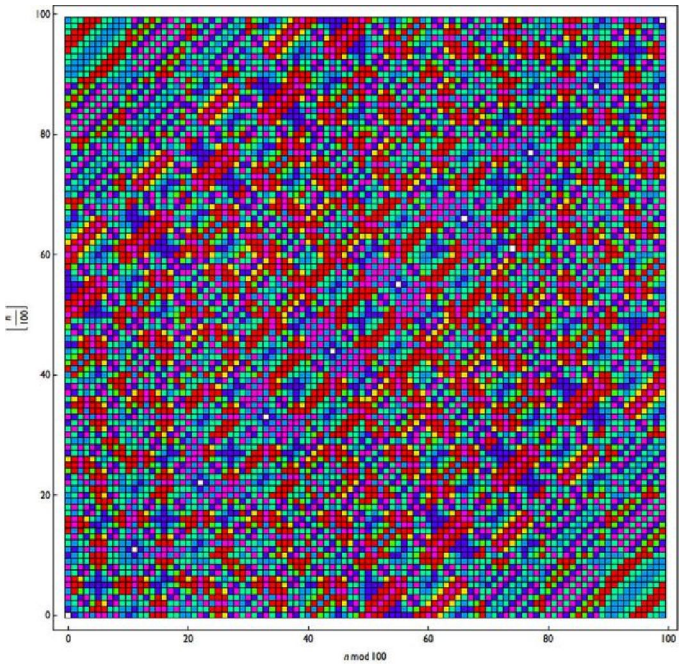
توجد عدّة تطبيقات لخوارزمية كابريكار، خاصّة في الجانبين الترفيهي والجمالي. ولعلّ أبرز هذه التطبيقات برنامج التلوين الذي صمّمه فريق متخصّص بإحدى شركات تكنولوجيا المعلومات بالهند، والذي من شأنه إبراز بعضٍ من جمال الرياضيات ومتعتها للأطفال، مما يساعد في تحبيبها إليهم وتحفيزهم على الانخراط في تعلّمها. يعدّ هذا البرنامج أحد أهمّ الأنشطة المبتكرة التي لا يمكن العثور عليها في كتب الرياضيات المدرسية التقليدية، ويعتمد على تشفير الأرقام

بواسطة ألوان مميّزة ثمّ تطبيق الخوارزمية المذكورة باستخدام لائحة معتبرة من الأعداد الممكن تشكيلها بواسطة أربعة أرقام وفقا لشروط كابريكار.

المفاجأة هو أنّه بعد تصنيف تلك الأعداد في فئات، حسب نفس عدد خطوات الوصول إلى العدد الجوهري 6174، وتنظيمها في جدول تمّ الحصول على لوحة فسيفسائية أخّاذة تسرّ الناظرين. كما تمّ توليد، من تلك اللّوحة، عدّة لوحات فسيفسائية بديعة تأسر العقول هي الأخرى، وذلك من خلال تغيير تشفير الأرقام بواسطة الألوان. وهو ما يعبّر عن أحد جوانب جمال ومتعة الرياضيات التي تختبئ خلف ما يستحق أن يوصف بالعدد الجوهري ألا وهو العدد 6174.

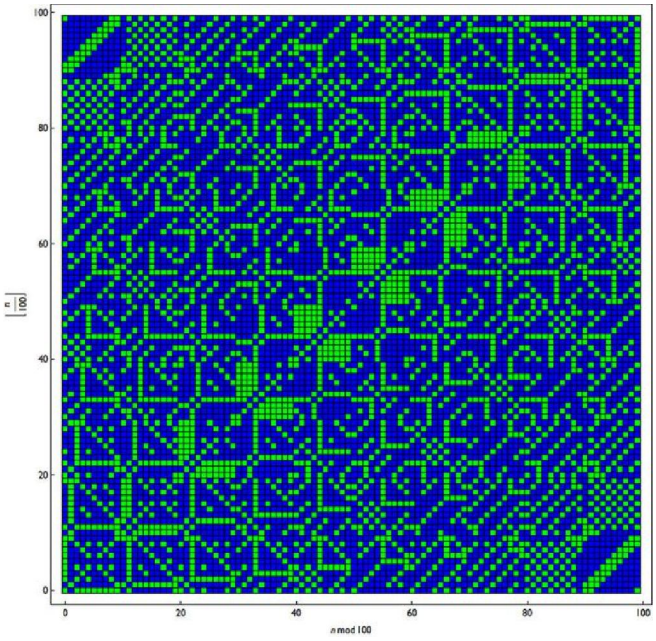
على سبيل المثال، نجم عن التشفير الموالي للأرقام من 0 إلى 7 اللّوحة الفسيفسائية البديعة (1).

0	1	2	3	4	5	6	7



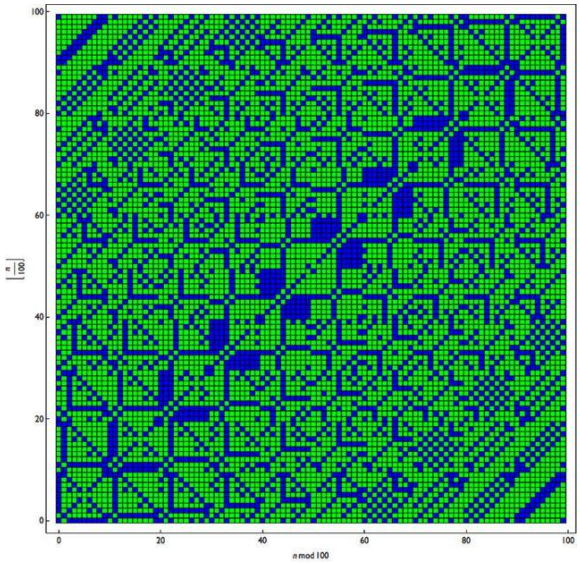
اللّوحة (1)

تمّ توليد لوحة فسيفسائية ثانية لا تقلّ عن الأولى بداعة وسحرا، من خلال تلوين الأرقام الفردية باللّون الأزرق والأرقام الزوجية باللّون الأخضر.



اللّوحة (2)

كما تولّد عن تشفير الأرقام الأولية باللّون الأخضر وبقية الأرقام باللّون الأزرق لوحةٌ فسيفسائية ثالثة لا تقلّ هي الأخرى عن سابقتيها رونقا وجمالا.



اللّوحة (3)

2. من البحث عن مشكل لإبراز جمال الرياضيات إلى مشكل للبحث في الرياضيات

في خمسينيات القرن الماضي، كان بريان ثوايتس Bryan Thwaites (1923-) معلّما للرياضيات بمدينة وينشستر الواقعة جنوب المملكة البريطانية المتّحدة. كان بريان دائم البحث عن الأفكار والأنشطة التي تثير اهتمام طلاّبه بما تبرزه من متعة وجمال للرياضيات، وهو يسعى بذلك إلى تحبيب هذه المادة إليهم وجعلهم ينخرطون في تعلّمها بشكل طوعي. في 21 جوان 1952، اقترح على طلاّبه لعبة لم يكن يدرك أنّها ستتحوّل إلى مشكلة (مخمّنة) أرهقت كل من اهتم بها من الرياضياتيين، بل حتى الحواسيب الفائقة التطوّر عجزت عن تفنيدها.

تتمثّل هذه اللّعبة في اختيار الطلاّب أعدادا طبيعية غير معدومة (صغيرة نسبيا) وملاحظة ما يترتّب عن تطبيق الخوارزمية التالية:

- إذا كان العدد المختار (أو الناتج) زوجيا يُقسَّم على 2.
- وإذا كان العدد المختار (أو الناتج) فرديا يُضرب في 3 ثم يُضاف للنتيجة 1.

أمثلة:

- من أجل العدد 5، تنتج لدينا سلسلة الأعداد التالية:5، 16، 8، 4، 2، 1.
- من أجل العدد 7، نجد:7، 22، 11، 34، 17، 52، 26، 13، 40، 20، 10، 5،16، 8، 4، 2، 1.
- من أجل العدد 42، نجد: 42، 21، 64، 32، 16، 8، 4، 2، 1.

لاحظ جميع الطلاب ظاهرة الانتهاء إلى العدد 1 باستثناء أحدهم اختار العدد 27، ولاحظ أنّ سلسلة النتائج التي تحصّل عليها تأخذ منحى متذبذبا بين صعود ونزول والناتج دوما يفوق العدد 27. وهو ما جعل بريان يعتقد أنّ هذا العدد يضع حدّا للظاهرة التي أثارت انتباه معظم طلاّبه، لكنّه عاد في اليوم الموالي وأخبر طلاّبه أنّ العدد 27 يحقّق بدوره ظاهرة العودة إلى 1 غير أنّ ذلك تطلّب 111 خطوة.

وهنا بدأت جذور تحوّل الظاهرة السابقة إلى مشكلة، حيث دفع الفضول طلاّب بريان إلى تجريب أعداد أخرى ونشرِ اللّعبة في المدارس المجاورة. وشيئا فشيئا عرفت هذه اللعبة شهرة كبيرة وباتت تعرف بمشكلة أو مخمّنة العبارة $3x+1$، والتي يمكن صياغتها على النحو التالي:

من أجل أيّ عدد طبيعي معطى غير معدوم x_1 (ندعوه بذرةً)، سلسلةُ الأعداد الطبيعية x_n المولّدة بالكيفية التالية

$$\begin{cases} x_{n+1}=\dfrac{x_n}{2} \;;x_n=2p \\ x_{n+1}=3x_n+1 \;;x_n=2p+1 \end{cases}$$

تدركُ الواحد، أي توجد رتبة N بحيث $x_N=1$.

استقطبت هذه المخمّنة اهتمام كثير من الباحثين الرياضياتيين، حيث تمّ إحصاء أزيد من 300 ورقة عمل بشأنها ما بين 1960 و2010، نذكر منها على وجه الخصوص:

- اعتكاف فريق من الرياضياتيين اليابانيين سنة 1960 على بحثها لمدة شهر كامل دون جدوى.
- تنظيم مؤتمر في ألمانيا عام1999 مدّته يومين لدراسة هذه الظاهرة دون التوصل إلى نتيجة.
- إقحام الحواسيب الفائقة التطوّر خلال العقدين الأخيرين دون الحصول على مثال مضاد. فعلى سبيل المثال، في2011 تمّ تجريب قيم حتى الرتبة $5{,}76\times10^{18}$.

ملاحظة

يوجد جدل كبير حول ظهور مخمّنة العبارة $3x+1$، فهنالك من يزعم أنّها كانت متداولة في عشرينيات القرن الماضي، وهنالك من ينسبها إلى الرياضياتي الألماني لوثار كولاتزLothar Collatz (1910-1990)، الذي يذكر أنه اكتشفها في 1937، ويدّعي أنّها لم تشتهر بين الرياضياتيين إلا بعد عرضها شفويا من قبل هذا الأخير في المؤتمر الدولي لعلماء الرياضيات في كامبريدج بالولايات المتحدة (1950). كما تُعرف في الأدبيات بعدّة أسماء: مخمّنة كولاتز، مخمّنة ثوايتس،مخمنة سرقوسة Syracuse،خوارزمية هاس نسبة إلى الرياضياتي الألماني هيلموت هاسHelmut Hasse (1898-1979)، مشكلة كاكوتاني نسبة إلى الرياضياتي الياباني شيزو كاكوتاني Shizuo Kakutani (1911-2004).

بغضّ النظر عن الخلاف التاريخي القائم حول ميلاد مخمّنة كولاتز، ما تزال هذه المخمنة صامدة إلى اليوم منذ ما يناهز قرنا من الزمن، مجسدة إحدى روائع صور جمال الرياضيات وإبداع العقل البشري في هذا الوجود، الذي يدل بدوره على عظمة الخالق.

3. مجاميع جبرية مدهشة

1- إليك المجموع الجبري التالي:

$$A_1 = 123789^2 + 561945^2 + 642864^2 - 242868^2 - 761943^2 - 323787^2.$$

أ- تحقّق أنّ $A_1 = 0$.

ب- قم بالإجراءات التالية وراقب النتائج:

✓ احذف الرّقم الأول من اليسار في كلّ حدّ من حدود A_1 ثمّ احسب مجدّدا المجموع الناتج.

✓ كرّر نفس الإجراء (الحذف من اليسار إلى اليمين) إلى غاية الإبقاء على أرقام الآحاد فقط.

ج- قم بنفس الإجراء السّابق لكن مع تغيير اتجاه الحذف (أي من اليمين إلى اليسار).

د- جرّب إجراءً مماثلا لكن هذه المرّة بالحذف في الاتجاهين معا (رقم من اليسار وآخر من اليمين).

2- قارن ما تحصّلت عليه بالنتائج التالية:

$$A_1 = 123789^2 + 561945^2 + 642864^2 - 242868^2 - 761943^2 - 323787^2 = 0$$
$$A_2 = 23789^2 + 61945^2 + 42864^2 - 42868^2 - 61943^2 - 23787^2 = 0$$
$$A_3 = 3789^2 + 1945^2 + 2864^2 - 2868^2 - 1943^2 - 3787^2 = 0$$
$$A_4 = 789^2 + 945^2 + 864^2 - 868^2 - 943^2 - 787^2 = 0$$
$$A_5 = 89^2 + 45^2 + 64^2 - 68^2 - 43^2 - 87^2 = 0$$
$$A_6 = 9^2 + 5^2 + 4^2 - 8^2 - 3^2 - 7^2 = 0$$

3- هل يمكنك إعطاء تفسير لهذه الظاهرة؟

4. أنماط عددية مدهشة

ماذا بشأن تعميم النتائج التالية؟

$$\begin{cases} 11 \times 111 = 1221 \\ 111 \times 1111 = 123321 \\ 1111 \times 11111 = 12344321 \end{cases} ; \begin{cases} 11^2 = 121 \\ 111^2 = 12321 \\ 1111^2 = 1234321 \end{cases} ; \begin{cases} 67^2 = 4489 \\ 667^2 = 444889 \\ 6667^2 = 44448889 \end{cases} ;$$

$$\begin{cases} 34^2 = 1156 \\ 334^2 = 111556 \\ 3334^2 = 11115556 \end{cases} ;$$

$$\frac{2199997\ 8}{217\ 8} = \frac{6\ 5999934}{6\ 534} = 10101 \; ; \; \frac{21997\ 8}{217\ 8} = \frac{6\ 59934}{6\ 534} = 101 \; ; \; \frac{6\ 534}{217\ 8} = \frac{6\ 5934}{2197\ 8} = \frac{6\ 59934}{21997\ 8} = 3$$

$$\frac{217\ 8217\ 8217\ 8}{217\ 8} = \frac{6\ 5346\ 5346\ 534}{6\ 534} = 100010001 \; ; \; \frac{217\ 8217\ 8}{217\ 8} = \frac{6\ 5346\ 534}{6\ 534} = 10001$$

5. صدّق أو لا تصدّق!

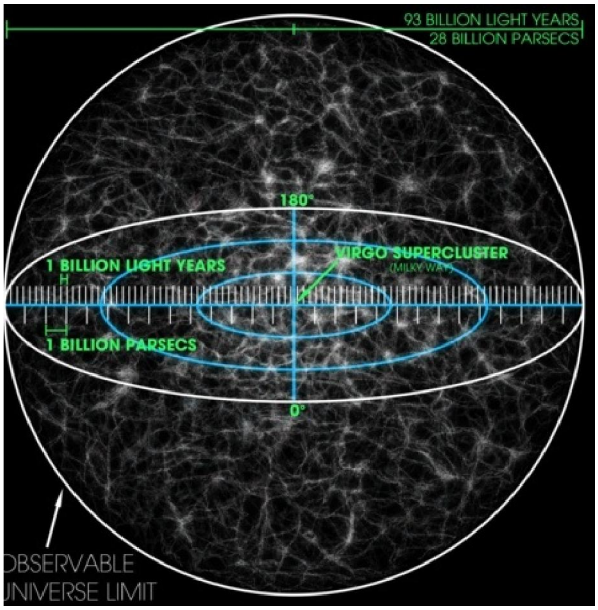
نقوم بطيّ ورقة مستطيلة الشكل سمكها0,1 ملمإلى نصفين، ونفرض أنّه يمكننا متابعة الطيّ بهذه الكيفية بالقدر الذي نشاء.

ما هو السّمك الذي ينتج عن طيّ هذه الورقة 23 مرّة؟ 30 مرّة؟ 42 مرّة؟ 81 مرّة؟ 103 مرّات؟

السمك بعد الطيّ nمرّة هو:$0,1 \times 2^n$ ملم.

- ✓ السمك بعد الطيّ 23 مرّة: ما يقارب 1 كم.
- ✓ السمك بعد الطيّ 30 مرّة: حوالي 100 كم (الدخول في الفضاء الخارجي).
- ✓ السمك بعد الطيّ 42 مرّة: حوالي 439800 كم (والمسافة بين الأرض والقمر حوالي 384400 كم).

- ✓ السمك بعد الطيّ 81 مرّة: حوالي 127,7 ألف سنة ضوئية وهو ما يعادل قطر مجرّة المرأة المسلسلة (أندروميدا Andromeda Galaxy).
- ✓ السمك بعد الطيّ 103 مرّات: حوالي 93 مليار سنة ضوئية (28,5 فرسخ فلكي) وهو ما يعادل قطر الكون المرصود حتى الآن.



المحتويات المعرفية الرياضياتية في برامج التكوين الأوّلي لأساتذة الرياضيات بالجزائر وكبيك

محمود شنتي [1]، محمد الطاهر طالبي [1]، المصطفى أورهاي [2]

[1] مخبر تعليمية العلوم، المدرسة العليا للأساتذة، القبة

[2] المدرسة العليا للأساتذة، مراكش-المغرب

mahmoud.chenti@g.ens-kouba.dz

1. مقدمة

في سياق مجموعة المقالات المتعلّقة بالتكوين الأوّلي لأساتذة الرياضيات التي تمّ نشرها في أعداد سابقة بمجلة بشائر العلوم، أضع بين أيديكم تتمّةً في نفس الموضوع، دراسة بعنوان: المحتويات المعرفية الرياضياتية في برامج التكوين الأوّلي لأساتذة الرياضيات بالجزائر وكبيك.

إنّ البحث في التكوين الأوّلي للمعلّمين واسع ومتشعّب حيث يساهم في بناء جوانبه عدّةُ متغيّرات، منها المعتقدات الأوّلية للمعلّمين المحتملين، وهوياتهم، ومدى فعّالية طريقة تكوينهم، ومحتوى برامج التكوين وغيرها [2]. تختلف جودة المعلّمين المتخرّجين بحسب جودة المحتوى وكيفية تنظيم الممارسات التعليمية والحرص على اكتساب جميع المتكوّنين إلماما جيّدا بالمواد التي سوف يتولّون تدريسها. [5]

من أجل الحصول على فهم أعمق للمعرفة اللّازمة لتدريس الرياضيات، اعتمدنا على دراسة (TEDS-M, 2012) أجرتها الرابطة الدولية لتقييم التحصيل التعليمي (IEA) حول التكوين الأوّلي لمعلّمي الرياضيات في 17 دولة. هدف هذه الدراسة هو توفير بيانات عن المعرفة التي يكتسبها معلّمو المدارس الابتدائية والإعدادية والثانوية ودراسة الاختلافات في طبيعة وبرامج تكوين معلّمي الرياضيات داخل البلدان وفيما بينها. [4]

حاولنا الحصول على معلومات حول المحتوى المعرفي الذي تمّ تقديمه في برامج التكوين. سنذكر هنا فقط ما يهمّ موضوع دراستنا ألا وهو المحتوى المعرفي التّخصصي الرياضياتي. غالبًا ما يُطلب من الطلّاب المعلّمين للمرحلة الثانوية الحصول على معرفة رياضياتية أوسع وأعمق من الرياضيات التي تدرّس في المدرسة. لكن يرى يوسيسكين Usiskin أنّ "رياضيات المعلّمين" يجب أن يُنظر إليها على أنّها نوع خاصّ من الرياضيات [8]. كما أنّ دراسة (COATIV, 2010) -متعلقة بالمعرفة المهنية للمعلّمين والتفعيل المعرفي لتدريس الرياضيات وتطوير الكفاءة الرياضية والمحتوى المعرفي المتعلّق بالرياضيات- تصوّرها على أنّها "فهمٌ رياضياتي عميق للرياضيات التي تدرّس في المدرسة"، أي "التعمّق في الرياضيات الأوّلية". في هذا الخصوص، فإنّ معلّمي الرياضيات الذين لديهم "فهمٌ عميقٌ" للرياضيات التي سيدرّسونها هم أقلّ عرضة لنقل مفاهيم خاطئة للتلاميذ، أو اتّخاذ قرارات خاطئة عند التخطيط للدروس ومخططات العمل كم أنّهم أكثر دقّة في تقييم التلاميذ.

يوضّح الجدول 1 المحتوى الرياضياتي الذي تمّ تكييفه من قبل (TEDS-M, 2012) بناءً على دراسات سابقة منشورة بين 2006 و2008. لقد تمّ تقسيم هذا المحتوى إلى أربع مجالات فرعية: الأعداد والعمليات، الهندسة والقياس، الجبر والدوال، البيانات والاحتمالات. إنّ معظم هذا المحتوى المعدّ للتكوين مناسبٌ لمعلّمي مرحلة التعليم المتوسط، وقد يكون مناسبًا كذلك للمرحلة الثانوية. [4]

الجدول 1. المحتوى الرياضياتي: المجالات الفرعية

المجالات الفرعية	المحتويات
الأعداد والعمليات	الأعداد الطبيعية، الكسور والأعداد العشرية، تمثيلات الأعداد، النماذج والعلاقات، النسب والتناسب والنسبة المئوية، الأعداد الناطقة، نظرية الأعداد.
الهندسة والقياس	هندسة أشكال، هندسة القياس، التموقع والحركة
الجبر والدوال	النماذج، العبارات الجبرية، المعادلات والدوال، المواضيع المتقدّمة مثل: النهايات والاستمرار والمصفوفات.
البيانات والاحتمالات	تنظيم البيانات والتمثيل، قراءة وتفسير البيانات، الاحتمالات.

المصدر [4]

كما أشارت تحليلات مناهج الرياضيات الابتدائية والثانوية في مناهج إعداد المعلّمين في البلدان المشاركة إلى أنّ بعض البلدان منحت تركيزًا أقلّ للاحتمالات والإحصاء مقارنةً بالمجالات الفرعية الثلاثة الأخرى للمحتوى.

نقدّم في هذه العمل دراسةً مقارنة حول التكوين الأوّلي لأساتذة الرياضيات لطور التعليم الثانوي في كلّ من الجزائر ومقاطعة كبيك الكندية، والذي ركّزنا فيه بالخصوص على المحتوى المعرفي التخصّصي (الرياضياتي). تمّ بناء شبكة تحليل بناءً على النموذج الخاص بمنطقة كبيك الكندية في تقسيم المجالات المعرفية لجوانب التكوين مع بعض التغييرات البسيطة التي أوجبتها خصوصيات منهاج التكوين الجزائري.

تمّ تقسيم التكوين التخصصي إلى خمس مؤشرات هي: الرياضيات الأولية، ونقصد بها التعمّق في الرياضيات التي تُدرّس في المدرسة والقاعدية؛ تطبيق الرياضيات في سياقات أخرى؛ الإعلام الآلي والبرمجة؛ التعمّق في الرياضيات، تخصّصات أخرى.

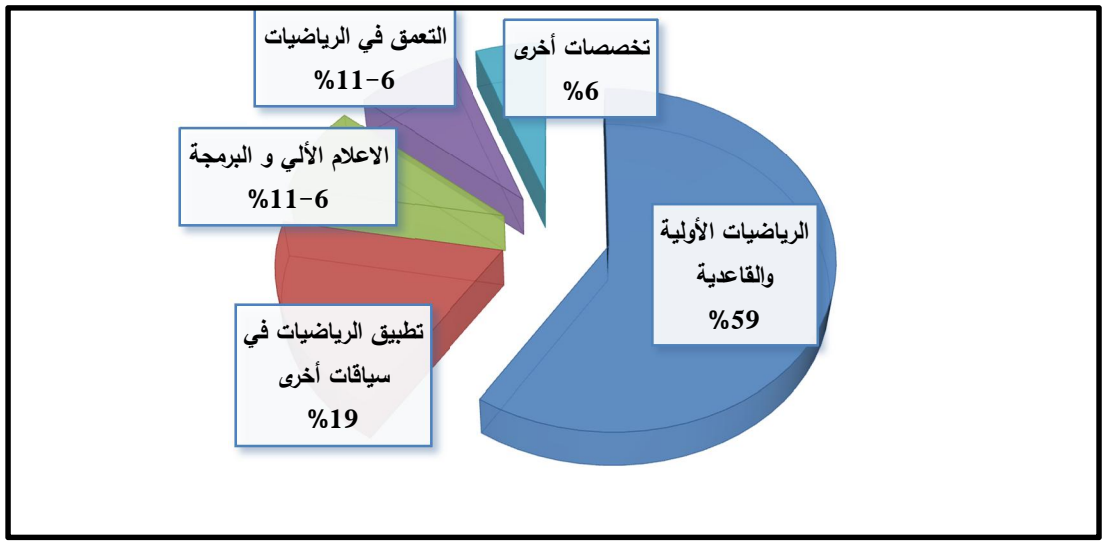
2. المحتويات المعرفية الرياضياتية في كلا السياقين

أ) كبيك

تُسند مهمة التكوين الأولي لمعلّمي المرحلة الثانوية لكليات التربية بالجامعات في إطار برنامج "بكالوريا التعليم الثانوي" المعادل لشهادة الليسانس. أمّا نموذج التكوين فهو النموذج المتزامن. يتطلّب إنهاء برنامج تكوين "بكالوريا التعليم الثانوي في الرياضيات" لجامعة مونتريال [7] 1845 ساعة من التكوين الحضوري على مدار أربع سنوات دراسية منها: الجانب التخصّصي الذي خُصّص له 810 ساعة تكوينية حضورية منها 180 ساعة اختيارية، مقسمة بالشكل التالي:

- 480 ساعة لدروس تجمع بين الرياضيات الأوّلية والقاعدية.
- 150 ساعة لدروس تطبيق الرياضيات في سياقات أخرى.
- 90-45 ساعة لدروس الإعلام الآلي والبرمجة.
- 90-45 ساعة لدروس التعمّق في الرياضيات.
- 45 ساعة لدروس تتعلّق بتخصصات أخرى.

يُمثّل الشكل الموالي توزيع الحجم الزمني للمحتوى المعرفي لدروس التخصّص (جامعة مونتريال). من خلال المخطّط البياني، نجد أنّ التركيز كان منصبًّا بنسبة كبيرة على جانبين: الرياضيات الأوّلية والقاعدية بنسبة حوالي 60%، ودروس متعلّقة بتطبيق الرياضيات في سياقات أخرى بنسبة حوالي 20%، في مقابل بين 6% و11% فقط للدروس المتعلّقة بالتعمّق في الرياضيات. أُعطيت بعض الأهمّية للدروس المتعلّقة بالإعلام الآلي والبرمجة بنسبة بين 6% و11%، وهذا بهدف دمج تكنولوجيا المعلومات والاتصال، كما مُنحت نسبة 6% لتخصّصات أخرى قصد إثراء تكوين الطلبة.



الشكل 3. توزيع الحجم الزمني للمحتوى المعرفي لدروس التخصّص (جامعة مونتريال)

المصدر: من إعداد الباحث بناءً على المحتويات المعرفية لبرامج التكوين لجامعة مونتريال

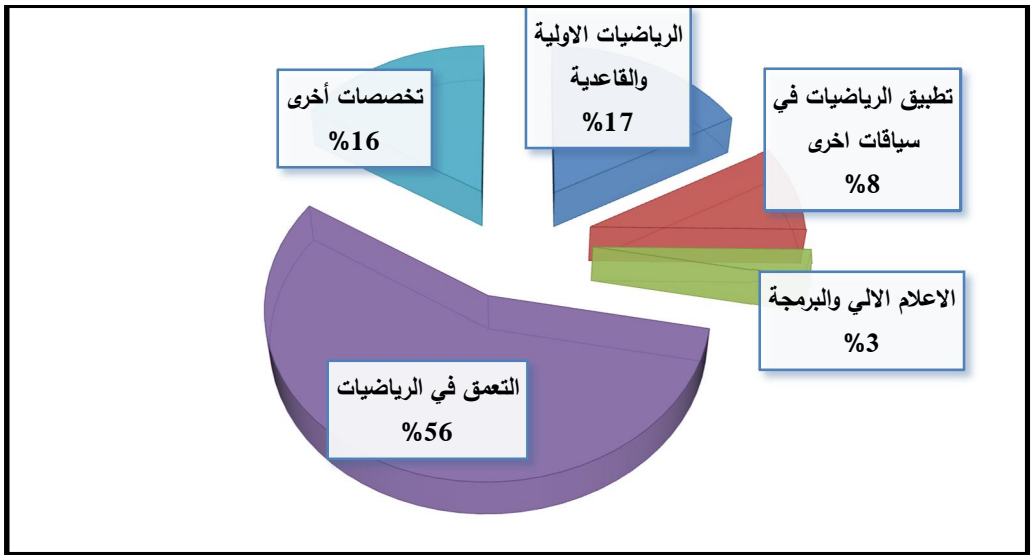
يمكن القول إنّ تكوين المعلّمين في كبيك يتبع المبدأ التالي: العمق والاتّساع والشمولية في الرياضيات التي تدرس في المدرسة الثانوية وربط الرياضيات بسياقات أخرى.

ب) الجزائر

يتمّ إسناد مهمّة التكوين الأوّلي للمعلّمين للمدارس العليا للأساتذة في إطار برنامج "شهادة أستاذ التعليم الثانوي" المعادِلة لشهادة "الإجازة". أمّا نموذج التكوين فهو النموذج المتزامن. لفهم هيكل التكوين، نرجع إلى برنامج تكوين "أستاذ التعليم الثانوي في الرياضيات" الخاصّ بالمدرسة العليا للأساتذة بالقبة. نجد أنّه يتضمّن 3910 ساعة من التكوين الحضوري على مدار خمس سنوات دراسية منها: الجانب التخصّصي الذي خُصّص له 3210 ساعة تكوينية حضورية منها 90 ساعة اختيارية، مقسّمة بين:

- 540 ساعة لدروس تجمع بين الرياضيات الأوّلية والرياضيات القاعدية.
- 270 ساعة لدروس تطبيق الرياضيات في سياقات أخرى.
- 90 ساعة لدروس الإعلام الآلي والبرمجة.
- 1800 ساعة لدروس التعمّق في الرياضيات.
- 510 ساعة لدروس تتعلّق بتخصصات أخرى.

يمثّل الشكل 4 توزيع الحجم الزمني للمحتوى المعرفي التخصصي.



الشكل 4. توزيع الحجم الزمني للمحتوى المعرفي لدروس التخصص (المدرسة العليا للأساتذة -القبة)

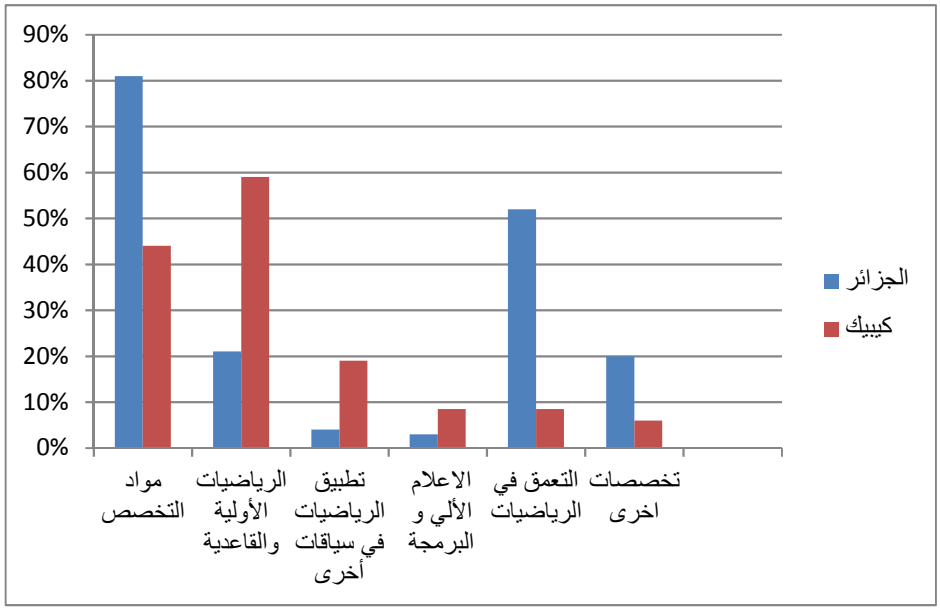
المصدر: من إعداد الباحث بناءً على المحتويات المعرفية لبرامج التكوين المدرسة العليا للأساتذة-القبة

رغم ما جاء في دفتر الشروط بين وزارة التربية ووزارة التعليم العالي المتعلّق ببرامج التكوين الخاص بوضع المحتوى المطلوب في التخصّص "انطلاقا مما هو مدرّس في الجامعات لضمان البعد الجامعي في التكوين ولمسايرتها للمستوى العلمي العالمي، وفي نفس الوقت يُراعى مضمون التكوين في المرحلة المستهدفة من التعليم في قطاع التربية "، إلاّ أنه نلاحظ أنّ التركيز كان منصبًّا على دروس التعمّق في الرياضيات بنسبة 56% مقابل حوالي 17% فقط لدروس الرياضيات الأوّلية والقاعدية.

كما أُعطيت نسبة 16% لتخصّصات أخرى (الفيزياء والكيمياء)، فرضها الجذع المشترك للسنة الأولى من التكوين، و8% لدروس تطبيق الرياضيات في سياقات أخرى، و3% فقط لدروس الإعلام الآلي والبرمجة، وهذه النسبة لا تسمح باستثمارها في التعلمات، إضافة إلى أنّ نوع المحتوى لا يساير التطوّر التكنولوجي.

3. المقارنة بين السياقين

لتسليط الضوء على أهمّية التكوين المعطى في كل سياق في المجال التخصّصي الرياضياتي، قارنّا بين جامعة مونتريال بكبيك والمدرسة العليا للأساتذة بالقبة، كما يوضّح لنا الرسم البياني الموالي (الشكل 6).



الشكل 6. مقارنة توزيع المحتوى المعرفي الرياضياتي بالساعات لكل من جامعة مونتريال والمدرسة العليا للأساتذة بالقبة.

المصدر: من إعداد الباحث بناءً على المحتويات المعرفية لبرامج التكوين في المدرسة العليا للأساتذة بالقبة وجامعة مونتريال بكبيك.

يبيّن المخطّط أنّ الجزائر خصّصت 82% من وقت البرنامج للجانب التخصّصي مقابل 44% لكبيك، ممّا يبيّن التفاوت في النسب المئوية بين السياقين. نجد كذلك أنّ التعمّق في الرياضيات استحوذ على نسبة 56% في الجزائر، أمّا كبيك فكانت النسبة بين 6% و11% فقط. قد يرجع هذا التفاوت إلى اختلاف النهج المتبّع في تدريس الرياضيات، حيث تتبع الجزائر الرياضيات النظرية في حين تنتهج كبيك الرياضيات الوظيفية أو التطبيقية.

يرى يوسيسكين Usiskin: "أنّ أخذ المزيد والمزيد من الدروس في الرياضيات يمكن أن يخلق مشكلة. في كثير من الأحيان كلمّا زاد عدد دروس الرياضيات التي يأخذها المعلّم، اتّسعت الفجوة بين الرياضيات التي يدرسها والرياضيات التي سيدرّسها" [8]. إذا أخذنا بهذا الرأي، نجد أن التركيز في كبيك كان على دروس الرياضيات الأولية والقاعدية بحوالي 60% مقابل 17% فقط للجزائر. بالنسبة للجزائر، يمكن لدروس التعمّق في الرياضيات أن تساهم في حصول تكوين قاعدي متين، أما دروس الرياضيات الأوّلية (التعمّق في الرياضيات التي تدرس في المدرسة الثانوية) فتحتاج إلى إعطائها أهمية أكثر. يقول الباحث ما Ma "إنّ المعلّمين الذين لديهم فهمٌ أعمق للرياضيات الأوّلية حقّقوا، في أغلب الحالات، نتائج أفضل مع تلاميذهم، وهم أقلّ عرضة لنقل مفاهيم خاطئة لهم".

فالتوازن بين التكوين الرياضياتي المتين والمعمّق الذي يهدف لتوسيع مدارك وقدرات المتعلّم العقلية والمنطقية والاستدلالية من جهة، والتعمّق (بمعنى الاتّساع والشمول) في دروس المدرسة الثانوية من جهة أخرى، هو أكثر من ضرورة.

خصّصت الجزائر حوالي خُمس البرنامج لمقررات متعلّقة بتخصّصات أخرى بسبب الجذع المشترك للسنة الأولى، بينما خصّصت كبيك لذلك 6%. رغم أهمّية ربط دروس تطبيق الرياضيات في سياقات أخرى، إلاّ أنه لم تتجاوز نسبتها في الجزائر 8% مقابل نسبة 20% في كبيك. ورغم أهمّية دروس الإعلام الآلي والبرمجة إلاّ أنّ الجزائر خصّصت لها نسبة 3% فقط من وقت البرنامج، في حين حظي هذا المقرّر بأهمّية أكبر في كبيك بنسبة تتراوح بين 6% و11 %.

يبيّن المخطّط أنّ الجزائر خصّصت 82% من وقت البرنامج للجانب التخصّصي مقابل 44% لكبيك، مما يبيّن التفاوت في النسب المئوية بين كلا السياقين. قد يرجع هذا التفاوت إلى نوع النهج المتبّع حيث تُركّز الجزائر على الرياضيات النظرية في حين تركّز كبيك الرياضيات الوظيفية أو التطبيقية.

4. الخاتمة

سمحت لنا هذه المقارنة بفهم بعض الخصائص المتعلّقة بالمحتويات المعرفية الرياضياتية التي تتعلّق بنظام التكوين في كلّ من الجزائر ومقاطعة كبيك الكندية. وبناءً على ذلك يمكن وضع بعض التوصيات بالنسبة لنظام التكوين الجزائري:

أ. يجب مراعاة التوازن بين جوانب التكوين (التخصّصي، التربوي-الديداكتيكي، المهني)؛

ب. التخفيف من الوقت الزمني ومحتوى البرامج بالنسبة للجانب التخصّصي؛

ج. التركيز على الامتداد والتعمّق في الرياضيات الأوّلية مع إعطاء الأهمية اللّازمة للدروس الإعلام الآلي والبرمجة. أمّا الدروس المتعلّقة (بالميكانيك والكهرباء وبنية المادة، إلخ) والتي فرضها الجذعُ المشترك للسنة الأولى جامعي، فقد حظيت بحجم زمني كبير مما يتطلّب التخفيف منها.

المراجع

[1] خالدي، أ.، تكوين المعلّمين في الجزائر بعيون أكاديمية: دراسة استعراضية-تحليلية، مجلة الشامل للعلوم التربوية والاجتماعية، جامعة حمى لخصر، الوادي، المجلد الأول، العدد الثاني، 6-29، 2019.

[2] Liljedahl, P. et al., Components of Mathematics Teacher Training, In: Even, R., Ball, D.L. (eds) The Professional Education and Development of Teachers of Mathematics, New ICMI Study Series, vol 11, Springer, Boston, 2009.

[3] Smida, H.et al., Les dispositifs de formation des enseignants en mathématiques des pays du Maghreb face aux défis de l'école. Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education, 7, 209–229, 2007.

[4] Tatto, M. T., The Teacher Education and Development Study in Mathematics (TEDS-M): Policy, Practice, and Readiness to Teach Primary and Secondary Mathematics in 17 Countries. Technical Report, International Association for the Evaluation of Achievement (IEA), 2013.

[5] Unesco, Enseigner et apprendre: atteindre la qualité pour tous, rapport mondial de suivi sur l'EPT, 2013/4, UNESCO, 2014.
https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000226157

[6] Université de Montréal (2018 a), Baccalauréat en enseignement des mathématiques au secondaire, Québec, 2018.
https://admission.umontreal.ca/programmes/baccalaureat-en-enseignement-des-mathematiques-au-secondaire/

[7] Université de Montréal (2018 b), Guide de l'étudiant, Baccalauréat en enseignement au secondaire, Québec,2018.
https://fse.umontreal.ca/fileadmin/fse/documents/pdf/Guide_de_l_étudiant/2018-2019/Guide_de_l_etudiant_BES_2018-2019.pdf

[8] Usiskin, Z., Teachers' Mathematics: A Collection of Content Deserving to Be a Field, The Mathematics Educator, 6(1), 86–98, 2001.

ملحق

نوع التكوين	المحتويات	الجزائر	كيبيك
التكوين التخصّصي	الرياضيات الأوّلية والقاعدية	540 ساعة ▪ جبر I ▪ تحليل I ▪ هندسة ▪ إحصاء واحتمالات I ▪ الحساب التفاضلي والمعادلات التفاضلية	480 ساعة ▪ الرياضيات الأساسية ▪ الرياضيات الابتدائية (الأوّلية) ▪ الهندسة الإقليدية ▪ تحليل 1 ▪ حساب 1 ▪ الرياضيات المتقطّعة ▪ الجبر ▪ الاحتمالات ▪ مدخل في الإحصاء
	تطبيق الرياضيات في سياقات أخرى	270 ساعة ▪ تاريخ الرياضيات ▪ ميكانيك رياضي ▪ الأمثلة أو ▪ بحث عملياتي	150 ساعة ▪ الرياضيات بواسطة الحاسوب ▪ الرياضيات والتكنولوجيا ▪ تاريخ الرياضيات ▪ النمذجة الرياضية
	الإعلام آلي والبرمجة	90 ساعة إعلام آلي	90-45 ساعة ▪ مدخل إلى برمجة الإنترنت ▪ البرمجة الكائنية الموجهة باستخدام لغة C++ ▪ مدخل إلى الوسائط المتعددة ▪ برمجة التطبيقات باستخدام لغة الفيجوال بازيك(VB) ▪ البرمجة العلمية باستخدام لغة C ▪ مدخل إلى الفيزياء العددية
	التعمّق في الرياضيات	1800 ساعة ▪ جبر خطي ▪ جبر عام 2 ▪ جبر 3 ▪ تحليل II ▪ المنطق الرياضي ▪ المعادلات التفاضلية ▪ طبولوجيا	90-45 ساعة ▪ الرياضيات المالية ▪ حساب 2 ▪ تحليل 2 ▪ المعادلات التفاضلية ▪ المتغير العقدي ▪ الهندسة التفاضلية ▪ التحليل العددي 1

		▪ تحليل عددي وإعلام آلي ▪ تحليل عقدي I ▪ نظرية القياس والمكاملة I ▪ هندسة تآلفية ▪ نظرية القياس والمكاملة II ▪ تحليل عقدي II ▪ هندسة تفاضلية ▪ تحليل عددي وبرمجة II ▪ تحليل تابعي وتوزيعات ▪ جبر IV ▪ إحصاء واحتمالات II	▪ الجبر 1 ▪ العمليات العشوائية ▪ المنطق ▪ نظرية الأعداد ▪ الانحدار الخطي ▪ مفاهيم وطرق في الإحصاء
	تخصّصات أخرى	510 ساعة ▪ أسس الميكانيك ▪ الكهرباء والمغناطيسية ▪ بنية المادة ▪ الديناميكية الحرارية الكيميائية	45 ساعة ▪ مدخل إلى علم الوراثة ▪ البيئة والمحيط ▪ مبادئ التطوّر ▪ مدخل إلى الديموغرافيا ▪ مبادئ الاقتصاد ▪ نماذج البحوث العملياتية ▪ فلسفة العلوم ▪ فلسفة المعرفة ▪ قضايا الأخلاق ▪ فلسفة العلوم الدقيقة ▪ الكهرومغناطيسية ▪ مقدمة في الفيزياء التجريبية ▪ ميكانيكا كلاسيكية 1 ▪ تطوّر المفاهيم في الفيزياء

متى نطوّر التفكيرين النقدي والابتكاري إن لم يكن في الصغر؟

محمد زيدان

أستاذ بقسم علوم التربية، المدرسة العليا للأساتذة، القبة

كنت منذ سنوات خلت أرافق أستاذًا أُقدّره، يتمتع بقدر لا بأس به من العلم والثقافة الأدبية، ولا أعرف كيف تطرقنا إلى موضوع نسبية آينشتاين (Einstein)، فأبديت رأيي فيها بجرأة لم يعهدها صاحبنا. نهرني هذا الأستاذ وكأني ارتكبت جرما خطيرا، بل وكأني كفرت بالله العزيز الحكيم سبحانه وتعالى. تعجبت من ردة فعله وغيرته الشديدة على رجل لا يعرفه شخصيا، وقد لا يفهم نسبيته لأنه لم يكن أستاذا في الفيزياء أصلا. وأذكر أنه نبهني أنّ ذاك أمر رباني يرزق به الله من يشاء من عباده، وكأن آينشتاين أحد أنبياء بني إسرائيل لا يأتيه الباطل من بين يديه ولا من خلفه أو كأنه رسول معصوم من الخطأ. إني لم أطعن في شخصية آينشتاين ولا في شرفه، ولم أسئ إليه أبدا ولا لأحد من أفراد عائلته ولا لقومه. إن أفكاره ونظريته، ومهما كان شأنها، من حقي أن أبدي رأيي فيها، وإن اتصفت بالبساطة والسذاجة بسبب أني قد لا أفقه شيئا في العلوم الفيزيائية.

كلنا بشر، ولنا أعين نبصر بها، وأدمغتنا تزن جميعها في حدود كيلوغراما ونصف الكيلوغرام، ولنا آذان نسمع بها؛ فلماذا يقرأون ولا نقرأ، ويعقلون ولا نعقل، ويتفكرون ولا نتفكر، ويبتكرون ولا نبتكر؟ أين هو الخلل يا ترى؟ لماذا يظهر فيهم العباقرة الخالدون على شاكلة آينشتاين وفاينمان (Feynman)؟ لماذا يظهر عباقرة كثيرون في الأثنية الواحدة ولا يظهرون في أمة بعشرات ومئات الملايين؟ هذا أمر عجيب يتطلب منا إعمال الفكر. هل قدّر لنا، ونحن خير أمة أخرجت للناس، الجهل والفقر والعري والذل والهوان وتحقير الذات؟ لماذا نسحق بصيرتنا ونعمي أبصارنا عن رؤية الأشياء كما هي؟

1. أسطورة تجاوُز العالَم المتقدم لَنا بمئات السنين

قد يقول لك قائل إنهم في العالَم المتقدِّم تجاوزونا بمئات السنين، وأن لا سبيل إلى اللحاق بهم ومنافستهم، ولا بد من فترة زمنية طويلة جدا لبلوغ ما بلغوه وحققوه. وقد يزعمون أنه لا بد من هضم ما جاء به العالم من علم وتكنولوجيا، مما يستغرق وقتا طويلا جدا. هذا كشعب وأمة. أمّا نحن كأفراد، المطلوب منا استيعاب الفيزياء، كل الفيزياء، ليحق لنا إبداء رأينا المتواضع في نظرية آينشتاين أو نسبيته على سبيل المثال، ومن ثمة الرد عليه ودحض نظريته إن كانت قابلة للدحض، وهي بالتأكيد الحقيقة المطلقة وغير قابلة للنقض أحب من أحب وكره من كره. إنها خرافة الفجوة العلمية والتكنولوجية الفاصلة بيننا وبينهم.

2. أسطورة أنّ الشباب ليس لهم المؤهلات الكافية لنقد النظريات العلمية

قد يتبادر إلى الذهن بأنّ المؤهل منا لتوجيه النقد لنظرية النسبية أو أية نظرية أخرى سواء كانت في الفيزياء أو في غير الفيزياء، يجب أن يكون قد بلغ من العمر عتيا واشتعل رأسه شيبا وكاد يغادر هذه الدنيا غير آسف عليها. لكن بالمقابل تمكن آينشتاين وهو في العشرينات من عمره أن يسدد اللكمات القاضية إلى نيوتن (Newton) العملاق، شيخ الفيزيائيين الغربيين، ويوقعه أرضا كما يدّعون. ألم يخرج عن الطوق وهو الشاب الضائع في مكتب الاختراعات، فيتحدى وبكل جرأة العملاق نيوتن؟ ألم يقل على غير المعهود متحدّيا الحس العام والفطرة السليمة أن جمع السرعات لا يصح مع الضوء؟

إذا كان آينشتاين، الشاب، يتحدى نيوتن، فمن أين تسنى له الاطلاع على ما هب ودب من أمور الفيزياء؟ تطبيقات نظرية نيوتن في الواقع لا حدود لها؛ ما من ميدان تكنولوجي إلا وتجد فيه فيزياء نيوتن ولحد الساعة حاضرة بقوة. ومع كل هذا يقول آينشتاين وبكل جرأة، لا لنيوتن، نظريتي في النسبية الخاصة والعامة أشمل وأدق من نظريتك، وأنا الأعظم والأحكم. لماذا لا ينبهر آينشتاين مثلما ننبهر نحن؟ لماذا لا تُشلّ ملكة النقد لديه؟ لماذا أطلق العنان لخياله؟ ألا يوجد فينا عباقرة يبدون رأيهم وبكل حرية وشجاعة فيما يجري في العالم؟ إننا الأجدر والأقدر على قول "لا" لنيوتن ولآينشتاين وغيرهما، لأننا أصحاب تاريخ وحضارة ضاربة جذورها في الماضي السحيق، ثم لأننا نختلف عنهم وبالتالي ننظر الآن إلى الواقع والعالم من موقعنا الخاص ومن خلفيتنا الحضارية المتميزة. إننا مؤهلون للإتيان بالجديد الخارق في العلوم والتكنولوجيا.

3. صناعة العلماء في الغرب وإحاطة بعضهم بهالة إعلامية

لماذا يخرج العباقرة منهم، بما فيهم آينشتاين وحيد زمانه وكل الأزمنة والدهور، ولا يخرج منا العباقرة؟ هل نحن متخلفون لأسباب بيولوجية خارجة عن إرادتنا؟ هل يكمن سر عقمنا الحضاري في منظومتنا التربوية؟

يبدو لنا أن هناك طريقتان لصناعة العباقرة في الغرب. أولا، إنهم يشجعون أبناءهم على الإتيان بالجديد ويدعمون المتفوقين منهم. بل إن هناك لوبيات تملك المال الوفير والجاه، فتدعمهم وتفتح لهم كل النوافذ والأبواب للتفوق والإبداع الفعلي. وثانيا، إنهم قد يصنعون من الحبّة قبة، وينصبون على رأس كل علم عبقريا وهميا أو زمرة من العباقرة الوهميين، يحيطونه أو يحيطونهم بهالة إعلامية زائفة. فنحن، مثلا، لا نشك في ذكاء آينشتاين، لكنه مع الأسف مضخم إعلاميا إلى درجة غير معقولة.

إننا لا نحلم بأن ندعم عباقرتنا بالمال كما يدعمون، ونشجعهم كما يشجعون، ونحن بطبيعة الحال ضد التضخيم والتفخيم كما يفعلون. إننا نريد فقط الكف عن إيذائهم وإرهابهم ووأدهم بالرتابة والنمطية الصفية في المدرسة، وإتاحة الفرصة لهم لإبداء آرائهم ومواقفهم الأصيلة مما يتلقونه من معلومات. إنّ المدرسة الجزائرية ومعها الجامعة الجزائرية أشبه بمكان لغسل الأدمغة بأدوات مستوردة من الخارج باسم التدريس بالأهداف والمقاربة بالكفاءات وباسم الحداثة والتقدم. البعض في بلادنا متخصص في تحقير كل ما هو جميل ورائع وجديد لأنه فقط منا وإلينا.

4. انبهار وعمى معرفي واستكبار

وتنطلي اللعبة علينا، ونتحول إلى عمي صم بكم لا نفقه شيئا في الألاعيب. نستقبل ما يأتينا من العالم الخارجي وبالتحديد الغرب، وكأنه لم يترك الأول للآخر شيئا ليقوله. والأول الأعلم والأكمل هو الغرب بعلمائه ومنظريه وكأنه الحقيقة المطلقة. يظهر فينا دراويش من نوع جديد لم نألفه، كل منهم غارق في وهم أنه أفضل من قومه، وأنه اكتسب الحقيقة المطلقة من السادة هناك في الغرب. وهو في واقع الأمر أشبه بالحيوان المربوط بإحكام في حبل مثبت في وتد أو في غصن شجرة، لا يتحرك إلا ضمن المساحة المسموح بها، ولا يبصر خارجها أنّ هناك كونا شاسعا فيه النجوم والكواكب والمجرات وقد توجد كائنات أضخم، تكون فيها تجمعات الأكوان أشبه بالجسيمات الأولية في عالمنا.

5. التنظير في العلوم والفنون قد يتطلب الورقة والقلم فقط

قد نختلق الأعذار للفيزيائي والكيميائي في بلادنا. فمن أين يأتي الفيزيائي أو الكيميائي الجزائري بالمركبات الفضائية وبمسرعات الجسيمات ومفاعلات الاندماج النووي وآلة زاي Z machine الخارقة لتوليد حرارة قد تتجاوز 3 مليار درجة حرارية، بغض النظر عن الوحدة المستعملة؟ لكن الإتيان بالجديد لا يتطلب في كل الأحوال تجهيزات وأموال طائلة وتظافر جهود دول قوية. ماذا عن أمور الإبداع التي لا تتطلب سوى الورقة والقلم لا غير؟ أليس من

الأفضل لشعبنا أن يجمع شتاتنا، نحن الجامعيين والمثقفين عموما، في شاحنات ويقذف بنا من أعلى قمة في بلادنا أو يرمي بنا في البحر لتأكلنا الحيتان الجائعة؟ لماذا لا نكسر زنزانات النظريات ونمرح خارجها، ونبني قصورا نظرية لا زنزانات أو غرفا ضيقة؟

6. المنظومة التربوية وتحريك التفكيرين النقدي والابتكاري لدى الشباب

لنرجع إلى أستاذنا القدير الذي نهرني عندما أبديت له رأيي في نسبية آينشتاين، ولنتساءل، كيف يتعامل مع الطلبة في الجامعة؟ ألا يمكن أن يخرج منهم الأستاذ البارز والعبقري المتميز؟ لماذا لا تكون دروسنا مناسبات عزيزة لتحرير العقول وإيقاظها من سباتها العميق؟ لماذا لا نحرك في طلبتنا شهية البحث والتساؤل وإطلاق العنان للخيال؟ ما الذي يقيد حركتنا؟

إذا لم يتعلم طلبتنا فنّ طرح الأسئلة والتفكيرين النقدي والابتكاري في عز الشباب وفي مدرستنا فمتى يتعلمون؟ هل عندما تضمر أدمغتهم وتتكلس عظامهم وتنحني أظهرهم المثقلة بالهموم ويعانون من اضطراب ضغط الدم والسكري في عروقهم وأجسادهم؟ وهل يرقون تفكيرهم النقدي والابتكاري في الفراغ وليس في محاولتهم نقد نظريات وقوانين علمية سائدة أو بائدة؟ لقد لاحظنا في أحدث كتب علم نفس النمو وعلم النفس التربوي الأنجلو سكسونية التركيز بالدرجة الأولى على التفكيرين النقدي والابتكاري، فلماذا على الأقل لا نفعل مثلما يفعلون؟

7. ماذا عن المقاربة بالكفاءات في منظومتنا التربوية؟

وماذا عن المقاربة بالكفاءات؟ هل جاءت بنتيجة ما؟ وماذا قدّم الخبير كزافي روجيرز (Xavier Roegiers) لمظلومتنا التربوية أو لمنظومتنا التعليمية؟ نحن لا نشك في كفاءته، مع بعض التحفظ على كل ما يأتي من الدول الناطقة بالفرنسية وتلك التي تسير في ركبها؛ لأنها دخلت عصر انحطاط شبيه بعصر الانحطاط الذي مرت ولا تزال تمر به أمتنا رغم المحاولات المستمرة للنهوض الفاشلة.

لقد أصبح الناطق بالفرنسية يتكلم كثيرا باستعمال لغة فيها أصناف من الحذلقة والتصنع والغموض. ولو كانت لغتهم العربية لملأوا كتبهم العلمية بالمحسنات البديعية من سجع وجناس وطباق وبالغوا فيها حد التخمة. المثير حقا أن الفرنسي يميل إلى تعقيد لغة الرياضيات والعلوم الفيزيائية، لا بل يكاد يصيغ العلوم الفيزيائية بلغة رياضية بورباكية (Bourbaki) معقدة، أعقد بدرجات من لغة كتاب "فصوص الحكم" للصوفي العربي الأندلسي ابن عربي. ولتجدن طلبتنا المساكين الذين لم يتصفحوا كتب السوفييت والأنكلوساكسونيين الفيزيائية، ولو بالفرنسية المروضة ترويضا ويتذوقوا حلاوة العلوم ومذاقها الرائع، يحفظون معادلات صماء مستغلقة، وصيغا رياضية ما أتى الله بها من سلطان، كما يحفظ الجاهل الطلاسم والتعاويذ الغريبة ظنا منه أنها تطرد الجن والشياطين والعقارب والكوليرا والطاعون.

8. لغة التدريس بالكفاءات في بلادنا عنيفة وثقيلة على اللسان

إن الأستاذ الجزائري المحاصر في لقمة عيشه ووقته، والمبتلى باكتظاظ الأقسام وعزوف التلاميذ والطلبة عن الدراسة وشعورهم بعدم جدواها وخاصة الذكور منهم، ليس له الوقت الكافي ولا الاهتمام بلغة المقاربة بالكفاءات الثقيلة. ما معنى كلمة "تجنيد" (mobilisation) في لغة الكفاءات؟ وماذا تعني أيضا كلمة "الموارد " (les ressources)؟ هل في لغة القابسي وابن خلدون والعلموي وابن جماعة وابن سينا والجاحظ، وغيرهم من المربين العرب والمسلمين ما يشبه هذه اللغة العنيفة؟ ألا يذكرنا هذا بتجنيد القوى الاستعمارية الجيوش للاستيلاء على موارد الشعوب المغلوب على أمرها؟ هل يريدون منا أن نُدخل الأطفال في حروب مع محيطهم ومع أنفسهم؟

كنا أيام زمان في ستينات وسبعينات القرن الماضي نرفض الجلوس بجوار التلميذ الكسول لكيلا تنتقل إلينا عدوى الكسل، وكنا نتنافس على قراءة الكتب ونحلم بغزو الفضاء وتطوير الصواريخ لحماية بلادنا من الغزاة. أما الآن وفي مدرسة قزافييه روجييرز وَغي لو بوترف (Guy Le Boterf) وَأندريه جيوردان (André Giordan) وَغي بروسو (Guy Brousseau) وَميشيل أرتيغ (Michèle Artigue) وكل المنخرطين في "أيديولوجيا" التدريس بالكفاءات، صرنا نسمع وصف التلاميذ لزملائهم الذكور المتفوقين بأنهم "ليسوا رجالا". وما هي معايير الرجولة في عصرنا؟ هل هي تعاطي المخدرات في زوايا الحي المظلمة؟ هل هي التسكع في الشوارع بلا هدف والنوم طوال النهار والسهر ليلا، واعتماد الرجل المتطفل على تقاعد الأم أو على أجر الزوجة أو الأخت؟ هل لهذا علاقة بالمدرسة الجزائرية؟ هل يرجع إلى مقاربات التدريس المنتهجة في منظومتنا التربوية؟ ألم نأخذ بمقاربة التدريس بالأهداف ثم بمقاربة التدريس بالكفاءات من أجل إعداد مواطن صالح لا طالح؟ أين يكمن الخلل؟ أليس في التقليد الأعمى للغير بحجة أنهم متقدمون؟ أليست مقاربات التدريس أيديولوجيات غربية مدسوسة وليست تقنيات يمكن تطبيقها في كل الثقافات والمجتمعات؟

9. التدريس بالكفاءات عصي عن التطبيق في منظومتنا التربوية

إننا نراهن على أنه حتى المتخصص في المقاربة بالكفاءات لا يستطيع تطبيقها في الميدان. لا بل نقول ونزعم ونؤكد: إننا لو لم نُخضع أساتذتنا لأي ترويض "ديداكتيكي" ولا كتبنا المدرسة لأي ترقيع أو دس "ديداكتيكي" لكان الأمر أحسن والمأساة أهون وألين. والأكيد أن تلامذة المدارس ما كان ليخطر ببالهم وصف زملائهم المجتهدين بأنهم ليسوا رجالا.

المفيد أنّ التدريس بالكفاءات حسب معلوماتنا المتواضعة انطلق في أمريكا من المدرسة السلوكية، ثم رحل إلى البنائية ثم إلى البنائية الثقافية الاجتماعية. وكان أول ظهور له في عالم الشغل، لينتقل إلى التكوين المهني، ليعمم بعدها.[1] ولم نسمع أنه جرى تبني النظرية الدينامية لحد الساعة. وما وصلت إليه علوم الأعصاب من جديد غائب عنها بالكمال والتمام. ولم أقرأ أن أحد علماء الأعصاب استعمل مفردات "سحرية أشبه بالحروز والتعاويذ كالتجنيد والموارد". لا يوجد، في اعتقادنا ألذ وأمتع من ترديد مفردات "ديداكتيكية" مثل "كيف تكون وكيف تفعل" savoir être et savoir faire، إنها الأنفع لمنظومتنا من "حرز مرجانة" الذي يقي حامله من حسد الحساد ومكر الماكرين وأذى الجن والشياطين.

10. الدعوة إلى التحرر الفكري

إننا لا ندعو إلى العودة إلى الكتاتيب أو إلى مدارس جمعية العلماء المسلمين الجزائريين كما قد يحلو للسيدة مليكة قريفو في كتابها "المدرسة الجزائرية من ابن باديس إلى بافلوف"، ولا إلى عصر ابن سحنون والقابسي ولا ابن خلدون أو ابن سينا. إننا ندعو فقط إلى استقراء واقعنا ببرودة أعصاب وبدون ترديد مفردات مثل "تجنيد" و"الموارد" والوضعية المشكل" والعقد الديكتاتيكي" وما شابهها من مصطلحات تدل على الغطرسة والتعالي والغلو في قهر وإرهاب البسطاء، مع دراسة تجارب الأمم والشعوب، وقبلها توظيف، وباقتدار وثقة، قدراتنا الابتكارية آخر ما توصلت إليه علوم زماننا، وما نتوقعه في المستقبلين القريب والبعيد.

11. لماذا التطبيل للبنائية وللمقاربة بالكفاءات؟

وبالمناسبة، لماذا التطبيل لبنائية بياجيه (Piaget) وللبنائية الثقافية الاجتماعية لفيغوتسكي (Vygotski)؟ ألا يوجد فيهما ما يدعو إلى الريبة؟ إننا ورثنا عن أجدادنا فن التعليم من الأمم الأخرى. الكلمة تشير إلى البناء، والبناء رصّ اللبنات أو الأحجار وربطها فيما بينها بالإسمنت أو الطين مثلا لإقامة مبنى ما، ولتكن أهرامات الجيزة في مصر أو ناطحات السحاب في اليمن السعيد في غابر الأزمنة والأحقاب، أو على الأقل قبر الرومية في الجزائر. ومعنى ذلك أننا

نكون بهذا جعلنا من أبنائنا بفضل البنائية والمقاربة بالكفاءات بنائين مهرة، لأفكارهم وتصوراتهم بطريقتهم الخاصة وفق إمكانياتهم ومعلوماتهم السابقة وحالتهم الصحية وما إلى ذلك. هل علم الأعصاب يؤكد من بعيد أو قريب أن الأطفال أو المتعلمين يبنون أفكارهم، كل بطريقته الخاصة؟ ألا توجد نظريات أخرى ووجهات نظر مختلفة أجدى لنا وأقرب إلى واقعنا وهويتنا الوطنية؟ ألا يمكن ابتكار نظريات أو بالأحرى مقاربات بديلة تستوعب تميزنا واختلافنا عن الآخرين؟ هل نحن محكوم علينا باستيراد الأفكار وحتى تذوقنا وانطباعاتنا عن الأشياء وعن العالم من حولنا؟ ألم يوجه لو بوترف النقد للتدريس بالكفاءات في زمانه وهو أحد منظريها الكبار؟ ألم يدعو إلى إعادة التفكير فيها؟ [2] ألم يوجه البياجيون الجدد أو المحدثون رغم تأثرهم بمعلمهم جان بياجيه النقد لنظريته؟ لماذا لا نبتكر نحن الجديد مثلما يبتكرون؟ هل وظيفتنا ابتلاع كل ما يروج بلا روية أو تمعن أو إحكام للعقل والمنطق؟ هل البنائية وغيرها من النظريات السائدة حاليا الممكن الوحيد؟

12. ترديد المصطلحات بلا روية لن يخرج منظومتنا التربوية من محنتها

لا ننسى أيضا الكلمة السحرية المفتاحية لكل ما استغلق من العلوم والفنون، إنها بالتأكيد "الموقف المشكل" situation-problème الخفيف على اللسان الثقيل في الميزان، وما أدراكم ما الموقف-المشكل؟ إنه البلسم الشافي والكافي لمأساتنا التعليمية التعلمية، أو "الديداكتية" كما يدّعون. ما أكثر مآسينا حين تعدّها. إنّ بعض قومنا وأهلنا مولعون بتهديد الناس بالجحيم الذي ينتظر الجميع، ولا يذكرون إلا قليلا الجنات التي تجري من تحتها الأنهار والحور العين والنمارق المصفوفة وما لا نستطيع تصوره وتصويره ولو بلغة الرياضيات المجردة التي تتحدى الخيال.

وأشبّه بهؤلاء من يتجرأ على إلقاء أطفالنا في مواقف ومشكلات لا حدود لها يسمونها بكل حذلقة وتجبر وغطرسة "المواقف- المشاكل"، إنه وبحق الإرهاب "الديداكتيكي" في حق الأجيال. عندما يقول الجزائري أو العربي عموما إنه يمر بمشكل، تفهم من كلامه أنه يمر بمحنة أو ورطة. والمحن تعني التوتر والرعب والترقب، ألا يعني هذا توريط الطفل أو المتعلم بشكل عام في مشاكل عقيمة وتدمير قدراته الابتكارية؟ إن الغاية من التدريس بالكفاءات توفير اليد العاملة الكفؤة للشركات في المجتمعات الغربية، لا إسعاد الناس وترقيتهم وازدهارهم والحفاظ على إنسانيتهم. هل القصد من التدريس بالكفاءات في بلادنا إعداد أبنائنا لمهن محكوم عليها بالانقراض في المستقبل إن لم تكن قد انقرضت بالفعل؟

13. طريقة التدريس بالمغامرات

لماذا لا نستلهم تاريخنا العامر بالمغامرات والرحلات منذ العصر الفينيقي وما قبل العصر الفينيقي؟ لماذا لا ننظر إلى المدرسة على أنها مكان وزمان للمغامرات اللطيفة والمشوقة، وأن هناك مسائل لا مشاكل، وخيالا وحرية تفكير وإبداعا، لا خنوعا واتباعا؟ إن الإنسان كائن مغامر، ولادة الطفل مغامرة، محاولة الرضع الحبو والوقوف والانتقال من مكان إلى آخر مغامرات، الحياة كلها مغامرات. إذن لماذا لا تكون مدارسنا عالما للمغامرات اللطيفة والمثيرة، يتعلم فيها التلميذ ما لم يكن يعلم؟ إن الكلام الفضفاض، القادم إلينا من باريس أو من أوروبا، لا يمر ولن يخدع من قرّر التحرر من عقدة ابتلاع كل ما يأتي من وراء البحار والمحيطات باسم الحداثة والحضارة والتقدم، ومن التقليد الأعمى لمن يعتقد البعض أنه الغالب ونحن المغلوبون. لقد حان وقت تهشيم وتحطيم الأواني "الديداكتيكية على رؤوس منتحليها وأصحابها لتتناثر في الهواء في صورة غبار ودمار.

14. الدعوة للتحرر الفكري لا تعني التقليل من أهمية ما قدمه الآخرون

إننا نقدّر عاليا العلامة جان بياجيه الذي أفنى حياته المديدة في دراسة الطفل وخدمته، إنه عبقرية متميزة ولا شك قدمت للبشرية الكثير. إنه يتميز بنظرة ثاقبة وثقافة علمية وفلسفية واسعة وتجربة عميقة ومتميزة. يجب أن

نعترف بهذا، مع ملاحظة أنّ الاعتراف بالجميل لا يعني الانبطاح وابتلاع أفكاره بلا روية ولا روح نقدية. إننا نتتلمذ على بياجيه وحتى على قزافييه روجييرز وجيوردان. إننا نحترم العلماء وأستاذتنا الغربيين وغير الغربيين، ونشيد بما قدّموه للبشرية من علم وفن وتكنولوجيا. هذا لا يعني أبدا ابتلاع كل ما يقدم لنا ببلادة دون إبداء الرأي فيما قدموه. إننا نناقش أفكارهم ونظرياتهم كما لو كانت أفكار زملائنا بدون عقدة، وإذا ثبت لنا بأنها علم كاذب أو أنها خاطئة أو أن العصر تجاوزها، نبدي رأينا فيها بكل وضوح وشجاعة بلا تردد. إننا تلامذة من الطراز الذي يستطيع القول "لا" لأستاذه الذي يجله. وكذلك نفعل مع بياجيه وآينشتاين وغيرهم من العلماء والفلاسفة والفنانين. الممكن لا حدود له.

وبالمناسبة فإن عالمة النفس الكندية رونيه بالرجون (René Baillargeon) وآخرون وجهوا النقد لبياجيه، وانتهجوا طرقا بديلة لدراسة الطفل تختلف عن الطريقة التي استعملها بياجيه ووصلوا إلى اكتشاف أنّ الرضع، حتى وهم في الشهور الأولى من العمر، يمتلكون قدرات قد لا نتخيل وجودها إلا عند الكبار. ولا يغيب عن البال أنّ البياجيين الجدد أو المحدثين تبنوا بعض أفكاره ولكن ليس كل أفكاره.

إن علماء الأعصاب يتكلمون عن أن الخلايا العصبية تشكل شبكة في غاية التعقيد من الارتباطات فيما بينها، وأنها عند تعلم الجديد يجري تغيير كهربائي كيمائي وبنيوي في مخ الإنسان أو الحيوان. أين نحن من لغة "البنائية والتدريس بالكفاءات " فيما يجري في أدمغتنا أثناء التعلم؟

15. إننا استمرار لأجدادنا لا تكرارا لهم

إننا استمرار بالمعنى الرياضي لأجدادنا لا تكرارا لهم، أي ذاك الشبل من ذاك الأسد، وليس نسخة مشوهة للأجداد. وإنّ عيوننا منصبة على المستقبل بحلوه ومره وبتحدياته. إننا ندعو إلى إحداث قطيعة مع عصر الانحطاط، وإعلان المرحلة الثانية من حضارتنا الشامخة، حضارة المستقبل، أو ما يمكن تسميته بـ"الحضارة الرشيقة"، حضارة العمر المديد والصحة الدائمة، حضارة الأمل والعمل، لا حضارة اليأس والبؤس. إننا نوفق فيما بين إنسانية الإنسان وقيمه الخالدة والتقدم العلمي والتكنولوجي الخارق. إنها الحضارة الصديقة للبيئة ولإنسانية الإنسان. نحن أيضا من حقنا أن نحلم بزرع مآذننا وصوامعنا في السماوات العلا وجعل صوت الآذان يتردد في أرجاء المجرات البعيدة. وسوف يأتي اليوم الذي نقف فيه على قبر ذلك الجزائري اليائس من نهوض شعبنا وتحرره الفكري، الذي نعت -رحمه الله- مآذننا بالصواريخ التي لا تنطلقdes missiles qui ne décollent pas، ونذكّره بأن مآذننا مزروعة في أعماق الكون. وكل شيء ممكن.

المراجع

[1] برنارد ري وآخرون، ترجمة مصطفى بن حبيلس، المركز الوطني للوثائق التربوية، وزارة التربية الوطنية، الجزائر، 2015.

[2] Guy Le Boterf, Repenser la compétence, Éditions Eyrolles, Paris, 2008.

علوم طبيعية

الطين: تاريخه وبعض تطبيقاته (1)

تاريخ الطين وخصائصه

محمد خوجة [1]، المرحوم غازي عثمانين [2] وميشال روتيرو [3]

[1]أستاذ باحث، سوناطراك – المعهد الجزائري للبترول، بومرداس

[2] أستاذ، جامعة محمد بوقرة، بومرداس

[3]أستاذ، جامعة أورليون، فرنسا

mohamed.khodja@sonatrach.dz

ملاحظة: يحتوي هذا المقال على ثلاثة أجزاء: تاريخ الطين وخصائصه، الطين صحة وغذاء، التطبيقات الصناعية للمعادن الطينية.

1. مقدمة

قام الإنسان باستخدام الطين خلال كلّ الأزمان. وكانت هذه المادّة حاضرة غالبًا بجوار المياه، وأشارت إلى حضورها في أماكن تواجدها أحيانًا. في واقع الأمر، في تاريخ كوكب الأرض، فإنّ ظهور الطين قد سبق بكثير ظهور البشر الذين قاموا بإبراز خصائص الطين العديدة والمفيدة. إذا أخذنا بعين الاعتبار أنّ الحياة قد عُرفت ولادتها تدريجيا في المناطق الرطبة، في الوقت الّذي يتمّ فيه تكوين الطين من عملية تدمير المياه للصخور، من الطبيعي الاعتقاد بأنّ علاقة مميّزة تمكّنت من التطور خلال هذا التاريخ المشترك بين الكائنات الحيّة والمجال المعدني الجدّ خاص بالطين. وهنا يمكننا ملاحظة ألفة العديد من الحيوانات للطين، ونفس الشيء ينطبق على الإنسان. هذا الأخير قام بإدراج الطين تدريجيا في العناصر الثقافية والدّينية.

رغم أنّ الطين مادّة مألوفة ومستعملة عالميا إلا أنها بقيت غير معروفة علميًا إلى وقت قريب؛ لسبب بسيط، وهو لكونها مكوّنة من جزيئات ذات أحجام جدّ صغيرة. هذه الخاصية الحجمية تبقى إلى يومنا هذا مقبولة، بالرّغم من اشتراك معادن أخرى في نفس الخاصية. وعلى عكس المعادن الأخرى الأكثر شيوعا، فإنّ الطين نادرا ما يكون له شكل مميّز يمكن رؤيته بالعين المجرّدة، ولا يملك حتّى حالة صلبة دائمة. لكن بالرّغم من الخصائص التي تجعله غير ملائم للاستعمال، فإنّ الطين يُعرف بسهولة، واتّسع استعماله وامتدّ، مع أنّ خصائص العديد من المعادن، والّتي هي أكثر سهولة في الاستعمال، لم يتم التعرّف عليها إلّا مؤخرًا.

تواجد الطين في المناطق الجيولوجية الرسوبية، يعطي لهذه المادّة مكانة مميّزة بالمقارنة بالماء؛ فهو متكوّن من معادن هي عبارة عن فيلوسيليكات مشبّعة بالماء، أي معادن تواجدت بفعل عملية تحليل المياه لصخور السيليكات في طبقات الأرض السطحية. لهذا تتواجد في الطبيعة عدّة أنواع من "المعادن الطينية". نستعمل إذًا في بقية هذا المقال، إمّا المفرد للتشخيص العشوائي للمعادن الطينية في مجموعها وإمّا الجمع للسّماح باختيار أكثر دقّة في تحديد عائلة أو صنف معيّن.

تعود نشأة الطين بصفة خاصّة، لعملية تحلّل أنواع متعدّدة من الصخور، كانت متواجدة من قبل. وهو يحتفظ بآثار واضحة في البنية البلورية والفيزيوكيميائية للجزيئات: أحجام دائما جدّ صغيرة، وتركيبة كيميائية وعضوية للذرّات دائما تحت تأثير المادّة الأصلية. هذه المعادن غير مستقرة، وهي حسّاسة لكلّ وضعية جديدة ترجّح إلى تغييرهم،

دون أن تمنحهم استقرارا دائما. إنها تتفاعل مع التغيّرات الطفيفة جدّا في الطاقة، وتشكّل وسيطا ممتازا للعديد من التفاعلات الطبيعية.

حاليا، يمكننا اعتبار الطين كعائلة معادن حسّاسة لظروف المحيط. هذه المعادن تعتبر إلى حد ما نوعًا من "هياكل ذات تطور ثابت". وفقًا لذلك، الأبحاث الأساسية في هذا المجال هي على وجه الخصوص ديناميكية، والتوقعات التطبيقية متنوّعة جدًّا. هذه الخاصية مشجّعة للاستعمال في الميدان الطبي، أين يمكن أن تلتقي العلوم والتقاليد.

لوصف الطين، سوف نحتفظ بتعريفين مهمين:

- **الأوّل** يتعلّق بالحجم: الطين هو عبارة عن جزيئات ذات أحجام تقلّ عن 2 ميكرومتر؛
- **والآخر** معدني: الطين هو عبارة عن سيليكات مشبّعة بالمياه مصفّحة أو نصف مصفّحة.

2. الطين، الماء والحياة

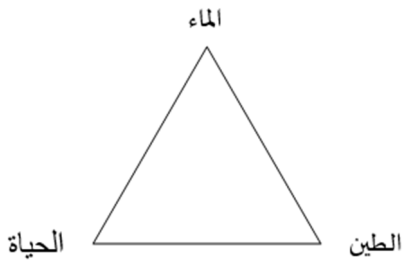
ترتبط حياة الإنسان ووجود العديد من الكائنات الحية على هذا الكوكب بالطين. ومع ذلك، فإنّ معظم الناس لا يدركون هذا الرابط، ويأخذون الطين كأمر مسلّم به مثل الهواء أو الماء. ربما لعبت معادن الطين دورا تحفيزيا رئيسيا في تخليق المركبات العضوية البدائية التي أدّت إلى أصل الكائنات الأولية القادرة على التكاثر [3].

الطين هو عبارة عن مكوّنات أساسية تمّ ذكرها في العديد من المؤلّفات، ومنه تشكّلت جميع أشكال الحياة. دون أن يكون الطين حقّا مصدرًا للحياة، فإننا نقرّ بأنّه كان دائمًا ملازما ومجاورا لها. فلقد ساهم في جعل الحياة ممكنة، ومثّل دورًا فعّالا في هذا. لم تخطئ الحضارات والديانات، فكلّها تتطرّق بطريقة عفوية إلى الطين، وكذلك إلى الماء الذي هو دائم الارتباط به.

تعتمد الخصائص التكنولوجية للمواد الطينية الخام بشكل أساسي على: خصائص المعادن الطينية الموجودة، التركيب المعدني الكلي، توزيع الحجم، درجة التوحيد وشروط المعالجة. تتشكل معظم معادن الطين عن طريق التغيير المائي لمعادن السيليكات. بمجرد وجود الماء السائل بشكل دائم على سطح الأرض، تتراكم معادن الطين وتصبح مشتتة في خزان المياه.

إنّ العلاقة بين الطين والماء أمر أساسي لفهم وشرح الخصائص المتفاوتة لخليط من الاثنين. يستطيع المعدن بالفعل أن يتفاعل بشكل مستمر مع الماء لتشكيل مجموعات مائية زيادة أو نقصا (مسحوق جاف، عجينة، وحل، محلول معلق) بحيث تتلاءم الخصائص والتطبيقات الخاصة. ومن جهة أخرى، خليط عجيني مكون من طين وماء كتوم (أي غير منفذ للسوائل) نسبيا، يعطيه خصائص محددة للغاية ومهمة. سوائل أخرى يمكن استخدامها، ولكن بشكل عام الماء هو السائل الأكثر ارتباطا وبشكل طبيعي مع الطين، وهو علاوة على ذلك المكون الرئيسي للجسم البشري.

تُظهر التجربة أنه في الطبيعة، يرتبط الطين والماء والحياة أو الكائنات الحية ارتباطا وثيقا. يمكن تمثيل هذه العلاقة بالشكل الثلاثي الموضح في الشكل 1.



الشكل1. تمثيل تخطيطي مثلث للعلاقة بين الماء والطين والحياة

من المعروف أنّ الماء مكوّن أساسي لكل من المعادن الطينية والبشر. يتم إنشاء معادن الطين والطين في الطبيعة، وتخضع للتغييرات كما تفعل الكائنات الحية، ولكن بوتيرة أبطأ بكثير. الطين هو عنصر أساسي في التربة التي هي مصدر وأساس الحياة، والتي تعمل كموئل للخضروات والحيوانات. أيضا، فإنّ الطين في التربة مسؤول عن جودة المياه بعد تسرب المياه والترشيح.

في الوقت الحاضر هناك ما لا يقل عن خمس فرضيات لأصل الحياة، وتعتبر فرضية تحفيز الطين واحدة من أكثر الفرضيات جدوى لأنها تستند إلى العمل التجريبي. على الأرض وفي وقت مبكر، من الممكن أن تكون المركبات العضوية البسيطة الضرورية للحياة قد أُنتجت عن طريق التفكك الضوئي وبلمرة جزيئات الغلاف الجوي، من خلال مزيج من درجة الحرارة العالية، والأشعة فوق البنفسجية، ومسامير البرق وتحفيز الطين. على سبيل المثال في البرك أو البحيرات أو البحار حول البراكين، وبالقرب منها حيث سقط الرماد البركاني وخضع لتغيير الطين. أجرى فيريس (Ferris) عام 2002 [5] تجارب تبين أنه يمكن تشكيل تسلسل الحمض النووي الريبي الذي يصل طوله إلى 50 نيوكليوتيد باستخدام معدن المونتموريونيت الطيني.

3. تاريخ نشأة الطين وخصائصه

1.3. تاريخ نشأة الطين

ساعدت الغزوات السياسية، الإقليمية والاجتماعية، في القرنين السابع والثامن الميلاديين في بناء الحضارة العربية-الإسلامية. مع العلم أنّ الجهات الفاعلة فيها كانت تتحدث اللغة العربية ولغات أخرى، وتمارس أديانًا مختلفة. كانت اللغة العربية وسيلة التخاطب مما ساعد في وقت قصير على التوفيقية في العلوم في ذلك الزمان (انصهار واحدة أو أكثر من الثقافات والأديان إلى خلفية دينية وثقافية مشتركة)، مع فتح مسارات جديدة للتطبيق وتسهيل النشر والتبادل بين الشعوب من مختلف الأعراق والأديان واللغات. منذ القرن الثامن الميلادي جُمعت أعمال مكتوبة من مناطق جغرافية بعيدة وتُرجمت إلى اللغة العربية.

يذكر القرآن الكريم الأرض والطين مرارا. الأرض بمقابل السماء، ذُكرت كمصطلح في أكثر من أربعمائة وخمسين موضع. إذ كان الفضاء المائي يتعارض مع الأرض الصلبة حيث يظهر النباتات والبشر، عندئذ مصطلح "برّ" يكون هو المستعمل والمألوف. وقد عُرف الطين بعدة مصطلحات وهي: طين، صلصال، حمى، تراب، سجّيل [1].

يملك الطين عدة أوصاف، ويمكن أن يكون رقيقا أو لزبا تبعا للسياق. أثناء خلق الإنسان، يتحول الطين السلس (أو الوحل) أوما يسمى بالحمأ المسنون، إلى صلصال (طين يابس)، عندئذ تأخذ المادة في التغير، كما هو الحال في ورشة الفخار. تماسك غبار الأرض (تراب) يجعل منه وحلا أكثر كثافة، ليتحول فيما بعد إلى وحل سلس أي حمأ مسنون، ليصبح في الأخير صلصالا دون أن تمسه النار (طين لزب) أي الفخار الذي يبعث دويا قويا (صلصلة) عند الاصطدام بها. وهكذا، عند الخلق، يتم إنشاء مادة نبيلة من المواد الأكثر تواضعا مثل التراب (الغبار). وهذه المادة النبيلة تسمى بالسجّيل أي الطين المتحجّر لصنع الحجارة ("تَرْمِيهِمْ بِحِجارةٍ مِنْ سِجِّيل"). وفي القران الكريم: "وَلَقَدْ خَلَقْنَا الْإِنْسَانَ مِنْ صَلْصَالٍ مِنْ حَمَإٍ مَسْنُونٍ". والصلصال من حمإ هو الطين، أما المسنون فهو الأملس. والمراد بالصلصال هاهنا: الطين اليابس.

تجريبيا، اختلف العلماء في القرون الوسطى حول المزايا العلاجية المختلفة تبعًا لطبيعة الطين. وللتمييز بين الأنواع المختلفة للطين أشاروا إلى مصدرها. ونظرا لعدم وجود التقنيات الحديثة للفيزياء، فقد قاموا بتصنيف خصائصها الفيزيائية المعروفة كاللون والملمس والرائحة والتفاعل مع الماء. من بين هذه الأنواع من الطين، بعضها

معروف منذ ديسكوريد Dioscorides (القرن الميلادي الأول)، والبعض الآخر تم اكتشافها خلال الإمبراطورية العربية الإسلامية، بعد القرن السابع الميلادي.

في كتابه دستور الأدوية (الصيدلة في الطب)، أدرج العالم البيروني (973-1050م)، الذي عاش شرق الهضبة الإيرانية (أفغانستان اليوم)، ثماني فئات من الطين. بعد ذلك بقرون، أحصى عالم النبات والصيدلي الأندلسي في القرن الثالث عشر، ابن البيطار (1197-1248م) تسع فئات من الطين مع مزايا علاجية متميزة. يعيّن ابن البيطار الطين وفقا لمصدره لتسهيل التعرف اللازم عليه للتطبيب، ويذكر:

1- جزيرة يمنوس (الطين المكتوم). لمنوس أو ليمنوس هي جزيرة يونانية في شمال شرق بحر ايجه.
2- جزيرة ساموس (الطين الشموس). ساموس هي جزيرة يونانية في بحر ايجه، بالقرب من آسيا الصغرى، وتنتمي الآن إلى اليونان.
3- جزيرة خيوس (طين الجزيرة المستقى). خيوس أو خيو هي جزيرة يونانية في بحر إيجة بالقرب من تركيا.
4- مصر (طين مصر).
5- سجلماسة. سجلماسة هي مدينة تقع في واحة تودغا بالمغرب.
6- اسبانيا.
7- (طين كيمولية). يُقال له بالعربية "طين كيموليا"، وهو من جزيرة كيمواس في الجزر اليونانية.
8- طين مدينة سلوقية في سوريا. وسلوقية هو اسم يطلق على كثير من البلدات التي تم تأسيسها خلال الفترة الهلنستية من قبل حكام من سلالة السلوقي، وبصورة خاصة في سوريا، وبلاد ما بين النهرين والأناضول.
9- طين أرمينيا، قرب كابادوكيا (طين أرماني).
10-طين نيشابور، شمال شرق إيران الحديثة.
11-الأرض أو طين الكروم، لا ترتبط بالجغرافيا ولكن بثقافة النبات.

على الرغم من أنّ جذور علم الطين يمكن تتبعها مرة أخرى -بقدر ما- في القرن 19، وقد تم الاعتراف به باعتباره مفيدا وتقدميا ومتعدد التخصصات، في الواقع، لم يحدث تمايز دقيق لمعادن طينية معينة حتى العشرينات من القرن العشرين عندما تم تقديم طريقة حيود الأشعة السينية. وقد تم تطوير المواد الخام الطينية بطريقة مثيرة للإعجاب. في الوقت الحاضر، لا تكاد توجد جامعة مرموقة تتجاهل علم الطين. ويرجع هذا جزئيا إلى التطبيق الواسع النطاق للمواد الخام الطينية في الممارسة العملية، وأيضا بسبب دور وأهمية المعادن الطينية في العلوم الجيولوجية.

ينبع الطابع متعدد التخصصات لعلم الطين من حقيقة أنه يستمد المعلومات من منهجية ونظرية العلوم الطبيعية وتقنيات أخرى تشمل: الفيزياء والكيمياء الفيزيائية وغير العضوية والعضوية والكيمياء التحليلية، علم المعادن، علم البلورات، علم الصخور، الجيولوجيا، علم الرواسب، الكيمياء الجيولوجية، علوم التربة وميكانيكا التربة وتكنولوجيا السيليكات. على الرغم من أنّ علم الطين اليوم هو من بين العلوم الواسعة والمتعددة التخصصات، إلا أنه في المقام الأول أحد العلوم الجيولوجية.

بالرغم من دراستها بالتفصيل من طرف الجيولوجيين، فإنّ المعادن الطينية ضلّت مدة طويلة غير معروفة لدى خبراء علم المعادن وخبراء علم البلوريات. وقد ساهم مخبر المعدن التابع للمتحف الوطني للتاريخ الطبيعي في باريس إلى حد كبير، في دراسة هذا العلم تحت إشراف البروفيسور لاكروا (Lacroix). وبالفعل فإنّ علم معادن الطين لم يُفهم بصورة مرضية إلا في الثلاثينات من القرن الماضي، وذلك بفضل تطور:

- تحاليل كيميائية وأبحاث حول الروابط الكيميائية [4]؛
- تحاليل حرارية؛
- تحاليل عن طريق انعطاف الأشعة السينية خلال الأعوام 1930-1950؛
- تقنيات القياس الطيفي (سبكترومتر)، وبشكل خاص تحت الأشعة الحمراء.

التصنيف الموثوق الناتج عن هذه الأعمال تم عرضه في عام 1959 من قبل كايير Caillère وحنين Hennin دون أن يعرف منذ ذلك الحين تغييرات جذرية.

2.3. التمييز بين الطين والطين المعدني

أشار مور Moore (1996) إلى أنّ "الطين" يُستخدم كمصطلح معدني (بالإضافة إلى مصطلح الحجم ومصطلح الصخور)، ومع ذلك فإنه يجب التمييز بين الطين والمعادن الطينية. يمكن أن يشير الطين إلى صخرة، ورواسب رسوبية، ومنتجات التغيير (التجوية) لمعادن، السيليكات الأولية [6].

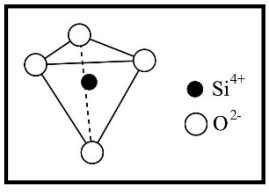
يجب دائما مراعاة التمييز بين الطين والمعادن الطينية، حيث أنّ المعايير المذكورة أعلاه مختلفة. ومع ذلك، فإنّ الأدبيات، في كثير من الأحيان، تستخدم مصطلح "الطين" لـ "معدن الطين" لأن الأول أقصر وأقل تعقيدا [2]. يهتم هذا الموضوع في المقام الأول بمعادن الطين بدلا من الطين.

3.3. الخصائص التركيبية للطين

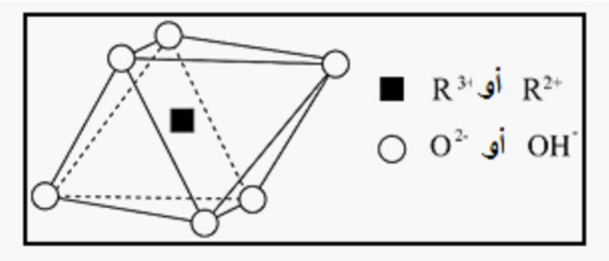
لفهم التطبيقات المعروفة عند الطين أو إيجاد تطبيقات أخرى جديدة، يجب علينا أن نعرف ونفهم الهيكل البلوري للمعادن الطينية التي يتكون منها. لذا يجب علينا أن نبدأ بتحديد مفهوم الهيكل. بشكل عام وبصفة مختصرة جدا، يمكننا تحديد عائلتين من المركبات:

- الأولى، تتفق مع المركبات التي لديها عدد معروف من الذرات المرتبطة فيما بينها في حجم محدود، وهي ما يعرف بالجزيئات؛
- الأخرى، تخص البلورات، حيث موضع الذرات أو الأيونات التي تتشكل منها يتكرر بشكل دوري وفقا لشبكة بسيطة.

من حيث المبدأ فإنه لا يمكن وضع حد للبلور (أي الكريستال)، بل يمتد إلى ما لا نهاية. في الواقع، حجم الكريستال لا يزال يعتمد إلى حد كبير على متطلبات التكوين والعيوب التي قد يمكن أن تشترك فيها هاته المعادن. المعادن الطينية، التي نتعامل معها هنا، هي جسيمات بلورية تنشأ في معظم الأحيان في ظروف طبيعية متغيرة وغير متجانسة، لذلك فهي تتسبب في العديد من العيوب. انتماء المعادن الطينية إلى العالم البلوري يساعد على تفسير الكثير من خصائصها. سنقوم في بداية الأمر بتقديم العناصر الجوهرية لهذا الفهم. في البداية يتعلق الأمر بوصف الهيكل العظمي النظري المثالي دون الخوض في التفاصيل التقنية تماما. ويدور هذا حول اثنين من الوحدات الهيكلية: رباعي السطوح (الشكل 2) وثماني السطوح (الشكل 3).



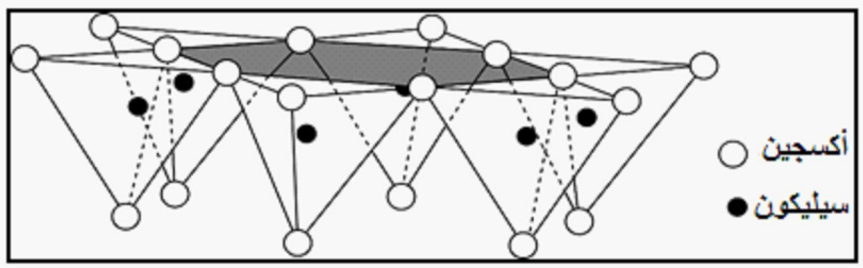
الشكل 2. رباعي السطوح $[SiO_4]$



الشكل 3. ثماني السطوح $[R^{n+}O_6]$

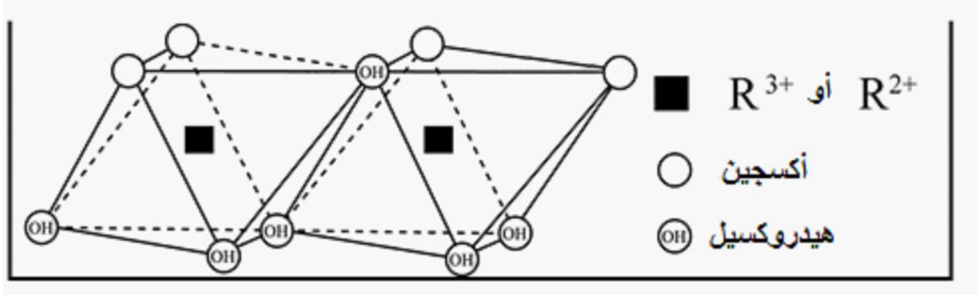
$R^{2+} = Mg^{2+}, Fe^{2+}; Ni^{2+}$ $R^{3+} = Al^{3}+, Fe^{3+}$ $[R^{2+ ou\ 3+}\ O_6]$ أكثر عموما

تتضافر رباعيات السطوح فيما بينها لإعطاء "طبقة رباعية السطوح" مسطحة (الشكل 4)، تضم في سمكها ثلاث مستويات من الأيونات. يؤدي هذا الترتيب إلى تناظر مستو سداسي الأضلاع والزوايا، ويتميز بوجود منطقة قاعدية فارغة من أيونات تسمى "التجويف السداسي"، وهي ذات أهمية جوهرية في خصائص الطين. في الواقع، هذه المنطقة تسمح للجزيء أو الأيون الخارجي المتواجد بالقرب من السطح، بالشعور بانحرافات عن الأيونات الداخلية للهيكل. ومن الواضح أنّ التوازن الكهربائي لا يكتسب في هذه الظروف، ولكن المقصود هنا حاليا لا يتعلق إلا بالطبقات الكبيرة التي تشكل الورقة.



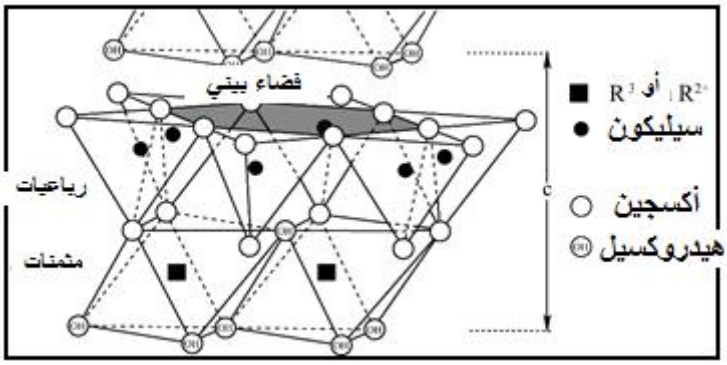
الشكل 4. رسم تخطيطي لطبقة رباعية السطوح يقتصر فقط على تجويف سداسي الأضلاع (رمادي الون).

وبنفس المبدأ، تتجمع الأشكال ذات ثماني السطوح لتشكل طبقة ثماني السطوح (الشكل 5)، إذ تضم في سمكها أيضا ثلاث مستويات من الأيونات، على التوالي: $Mg^{2+}O^{2-}$ أو Al^{3+}، OH^- أو O^{2-}، OH^-.



الشكل 5. طبقة ثماني السطوح

$R^{2+}= Mg^{2+}, Fe^{2+}, Ni^{2+}\ldots$ $R^{3+}= Al^{3}+, Fe^{3+}\ldots$



الشكل 6. مخطط عام لطين معدني TeOc

$R^{3+}=Al^{3}+Fe^{3+}\ldots$ $R^{2+}=Mg^{2+}, Fe^{2+}, Ni^{2}$

الكؤولنيت تتوافق مع الحالة التي يكون فيه R^{3+} هو الألومنيوم.

لمزيد من المعلومات، يمكن للقراء أن يرجعوا إلى [2]، [4] و [7].

يجب أن نلفت انتباه القارئ إلى سمة أساسية أخرى للمعادن الطينية وهي وجود خليط من أنواع مختلفة من الأوراق الرقيقة ضمن نفس الجسيم. هذه المعادن تسمّى اصطلاحا المعادن ذات الطبقات المتعاقبة، ويعكس وجودها الظروف الطبيعية المتغيرة للنشوء. لا تمثل الجزيئات المميزة لمعدن طيني ذي طبقات متعاقبة، خليطًا من مختلف المعادن الطينية، ولكن سلسلة متوالية من الأوراق الرقيقة حيث يتغير ترتيب التكديس. وتحت هذا الشكل، فإنه من المستحيل فصل الأوراق الرقيقة لأصناف متعددة، ولكن هذا الكم هو ما ينبغي التعامل معه بطريقة إجمالية. هذا الوضع هو الشائع، وخلال جمع المعادن الطينية في الحقل، من الممكن أن تجد مثل هذه المعادن المتعاقبة الطبقات في الصخور. ومن الصعوبة بمكان التعرف عليها مباشرة، ولكن التحاليل المعقدة فقط هي التي تسمح بتحديدها.

4. لون الطين وأهميته

كثيرا ما يُذكر لون الطين خلال تسويقه، ويشكّل عاملَ اختيارٍ لاستخدامه. ماذا يمثّل لون هذه المعادن وما مدى ارتباطه مع خصائصها ونقاوتها؟ يرتبط لون الطين بالإدراك البصري الأوّلي الذي يتمتع به الطين، وكثيرا ما يستخدم اللون بالتزامن مع خصائصه. في بعض الأوجه يبقى هذا الاقتراح مقبولا، ولكنه غير مؤكد دائما بدليل مثبت علميا.

يعتبر لون الطين معيارا مهما جدا في تطبيقاته. هناك بالفعل تأثير بصري عالٍ للّون على علاقة الشخص مع المادة، حيث يتم استخدامه بهدف الاستعمال الشخصي. وهكذا يُباع عادة الطين الأخضر أو الأبيض أو البني، إلخ. وفي هذه الحالة، اللون هو عبارة عن معيار لعلامة أساسها بصري بالنسبة للمشتري. في كثير من الأحيان معيار اللون هو عامل الجودة، لكن العديد من المستخدمين لا يستطيعون تفسير سبب اختيارهم.

ماذا يمثل لون هذه المعادن وما مدى ارتباطه بمميزاتها؟ هذا موضوع حساس يستحق مقاربة أكثر تفصيلا بحيث يطعن في ظاهرة الإدراك الذي هو شخصي جدا. تعتبر أنواع الطين الأبيض من المعادن التي غالبا ما تكون قريبة من النماذج الهيكلية المثالية دون تعكير ناتج عن عيوب خلال تكوينها. هذه الخاصية تتطلب توحيد الظروف الأولية للتكوين. تتواجد هذه المعادن في حقول كبيرة على سبيل المثال (كاؤولينيت، التلك، سمكتيت)، أو أيضا في مواقع للتحويل الميكروسكوبي في الصخر الأم (كاؤولينيت سابت أوستيل في منطقة كارنوأي). اللون الأبيض مطَمئِن لأنه يدل على النظافة. بينما يرتبط اللون الأخضر بالهدوء والطبيعة والتوازن والراحة. إنه يحفز النشاط الروحي، وهو علامة

الأمل، لا بل حتى الخلود. ترتكز كل هذه الميزات تدريجيا في الأعماق السيكولوجية الإنسانية. لا أحد يشك في أنّ العلاقة بين لون الطين واستخدامه لديها تركيبة ذات طابع نفسي.

1.4. أصل اللون

جدير بالإشارة أننا نناقش هنا فقط حالة الطين الذي يكون نقيا بما فيه الكفاية بحيث لا يعتمد اللون سوى على الطين ذاته. في الحالة المتكررة إلى حد ما، لخليط مع معادن أخرى أو جزيئات عضوية أخرى، قد يكون اللون نتيجة؛ وهذا هو الحال، على سبيل المثال، عندما يكون أكسيد الحديد أو الألومنيوم حاضرا.

لقد نتج عن الهيكل البلوري لون الطين معتبرا إياه في حالة معينة وفي سياق معين. لذا فإن تركيبته الكيميائية غير المفصولة عن البنية البلورية، هي التي صارت موضوع الخلاف. لفهم اللون، من الضروري ربط حالة الشحن للأيون وموقعه في البنية. يكفي أن تكون نسب الإحلال الأيونية ضعيفة جدا لتعكير صفو لون الطين. على سبيل المثال، آثار ضئيلة من الحديد تلوّن الكؤولنيت بلون أحمر قاتم، وبالتالي تقلل إلى حد كبير استخدامه الصناعي لطلاء الورق مثلا.

في مجال الطين الاصطناعي، تسمح السيطرة والتحكم على التركيب الكيميائي بمراقبة اللون. وهكذا تم الحصول على "بودرة التلك ذات الألوان المختلفة" من طرف مارتن Martin عام 2007، عن طريق إدخال أيونات مختارة ذات ألوان مختلفة في مواقع ثماني السطوح مثل الكوبالت (وردي)، النيكل(أخضر) أو أزرق مع النحاس. إدخالها في التطبيقات شبه الطبية هو الآن محل تفكير لبدء العمل بها. من أجل مقاربة علمية أكثر اكتمالا لهذه القضية، يمكن للمرء أن يشير إلى الكتاب المنسق من طرف ديكارو Decarreau (1990).

5. خلاصة

كلّ الحضارات الّتي كان بإمكانها التوّصل إلى الطين والّتي استعملته تأثرت به. عند بداية القرن العشرين، بدأنا فقط بفهم أحسن لخاصيات هذه المعادن على السلّم الميكرو والماكروسكوبي، وبالتّالي تعلّم كيفية التحكّم فيها. في الوقت الّذي ينتج فيه العلم والتكنولوجيا مواد رائعة ومفيدة، فإنّ الطين ينجح دائما في التواجد بطريقة لافتة للأنظار على قِدم استعمالاته. كلّ تطبيقات الاستعمال معنية بهذا، بدءًا بأعمال الهندسة المدنية ووصولًا إلى تكنولوجيا النانو.

بطبيعة الحال، غياب المعارف العلمية يجعل بعض الكتّاب يضع أسبابا لبعض الأفعال من دون أي شرح محكم. غير أنّ هذا لا يعني منذ البداية بأنّ ملاحظاتهم غير مبنية على أسس صحيحة. إنّ الميزات المعمول بها، هي الّتي يجب أن تكون أكثر دقة. ملخّص القول، دراستنا ليست موّجهة نحو مجادلة مستهدفة للأمور غير المثبتة، ولكنّها جاءت لتجعل لها مكانا في مجال المعارف العلمية المعترف بصحّتها. بطبيعة الحال بإمكانها التطور، موجّهة بعزم نحو استعمال موسّع لهذه المعادن الخاصة جدا حيث استعمالها قد تمّ تطويره في الوقت الحالي من طرف مخابر الأبحاث.

المراجع

[1] عثمانين غازي، محمد خوجة، الطين والصحة خصائص وعلاجات. ترجمة الكتاب من الفرنسية إلى العربية. ميشال روتيرو، نيكول ليفينج، سالسو جومس وَمحاناز كاتوزبان صفادي. دار الخلدونية، الجزائر، 2023.

[2] Bergaya, F., Lagaly, G., General Introduction: Clays, Clay Minerals, and Clay Science. In Developments in Clay Science, Elsevier, Oxford, Chapter 1, 2006, pp. 1–18.

[3] Bernal, J.D., The physical basis of life. Proceedings of the Physical Society Section A 62, 1949, 537-558.

[4] Caillère, S., Contribution à l'étude des minéraux des serpentines, Thèse de doctorat d'Etat es sciences, Muséum National, Paris, 1933.

[5] Ferris, J. P., Montmorillonite catalysis of 30-50 mer oligonucleotides: Laboratory demonstration of potential steps in the origin of the RNA world. Origins of Life and Evolution of the Biosphere, 32, 2002, 311-332.

[6] Grim, R., Applied Clay Mineralogy. McGraw-Hill, New York, 1962.

[7] Rautureau, M., Gomes, C.S.F., Liewig, N., Katouzian-Safadi, M., Clays and Health: Properties and Therapeutic Uses. Springer International Publishing AG, Switzerland, 2007.

***

شخصية العدد

شخصية العدد

الأستاذ حسن بلبشير

المدير الأسبق لمركز البحث في الإعلام العلمي والتقني (Cerist) بالجزائر

ولد الأستاذ حسن بلبشير بالجزائر العاصمة يوم 31 أوت 1967. وبعد حصوله على البكالوريا عام 1985 التحق بجامعة باب الزوار ليواصل فيها دراسته في الرياضيات حتى حصوله على دكتوراه الدولة عام 2007. كما حصل على ماجستير في الاقتصاد والإحصاء التطبيقي من المعهد الوطني للتخطيط والإحصاء (الجزائر العاصمة) عام 1996.

التحق بسلك التدريس كمتعاقد (إضافي) بجامعة البليدة عام 1991، ثم تحوّل إلى جامعة باب الزوار عام 1994، وتدرّج في رتب سلك التدريس حتى أصبح أستاذا للتعليم العالي عام 2012. وقد تقلّد عديد المناصب، مثل مدير مركز البحث في الإعلام العلمي والتقني (Cerist) الكائن بابن عكنون خلال الفترة 2019-2023. كما كُلّف خلال 2021-2022 بإدارة المدرسة الوطنية العليا للرياضيات (الكائنة بسيدي عبد الله، غربي العاصمة). وفضلا عن ذلك، فهو ينتسب إلى عديد مخابر البحث في الجزائر وخارجها والمجالس العلمية في مؤسسات التعليم العالي. وعلى مستوى وزارة التربية، تم تعيينه عام 2021 رئيسا للجنة الوطنية للأولمبياد. ولعل من أبرز ما تولاه من مهام علمية الإشراف على إدارة برمجة البحث والتقييم والاستشراف في المديرية العامة للبحث العلمي والتطوير التكنولوجي من 2013 إلى 2016، ثم تكليفه في نفس المديرية بإدارة نقل المعرفة التكنولوجية ومؤشرات الابتكار خلال الفترة الممتدة من 2009 إلى 2013.

ويهتم الأستاذ حسن بلبشير أيضا بنشر الثقافة العلمية سيما في مجال الرياضيات، ولذا فنحن نجد بصماته في عديد النشاطات الوطنية في هذا المجال. فعلى سبيل المثال، نجده عضوا مؤسسا في مجموعة AlPaGe (https://www.unige.ch/math/alpage) التي يوجد موقعها في جامعة جنيف (الرمز AlPaGe يعني الجزائر-باريس-جنيف). ومن بين أعمال هذه المجموعة: نشر العلوم الرياضياتية، وتصور الألعاب الرياضياتية، ودراسة خصوصيات تعميم الثقافة العلمية في إطار تدريس هذه المادة.

وهكذا نرى أن سجل نشاطات الأستاذ حسن بلبشير حافل بالإنجازات، ولا يمكننا أن نقدمها كلها في هذه العجالة. ولذا سنكتفي بالتركيز على نشاط واحد من نشاطاته، كان يُعدّ من نشاطاته اليومية الرئيسية، وهو المتمثل في إدارة مركز البحث في الإعلام العلمي. وفي هذا السياق، طرحنا عليه 10 أسئلة تفضّل بالإجابة عنها أدناه، مشكورا.

10 أسئلة يجيب عنها الأستاذ حسن بلبشير

المدير الأسبق لمركز البحث في الإعلام العلمي والتقني

السؤال 1: شغلتم خلال الفترة 2019-2023 منصب مدير مركز البحث في الإعلام العلمي والتقني (Cerist) الذي رأى النور عام 1985. بودنا أن نعرف ما هي المهمة الأولى المكلف بها هذا المركز؟ وما هي المراحل التي مرّ بها خلال القرن العشرين؟

الجواب: بدأ المركز، بعد إنشائه في عام 1985، يستثمر في الإعلام العلمي والتقني من وجهة نظر بحثية ومن وجهة نظر التطور التكنولوجي. وهكذا قام بإنشاء العديد من الهياكل وقدم الكثير من الحلول المرتبطة بهذا النوع من الإعلام. ففي عام 1990، قام بتطوير برنامج حوسبة المكتبات "سنجاب" (Syngeb). إنه برنامج كامل وقابل للتطوير يسمح لمستعمله بإدارة جميع أنواع المستندات، إذ يتوافق مع معايير" الوصف الببليوغرافي الدولي الموحد" ISBD ومع "الفهرسة الشاملة القابلة للقراءة بواسطة الآلة" (UNIMARC). وهو منتوج جزائري. وفي عام 1991، أصبح المركز يمنح الرقم الدولي الموحد للدوريات ISSN، وهو الهيئة الجزائرية الوحيدة التي تصدر هذا "الرقم" الذي يحدد كل دورية تصدر في الجزائر، سواء كانت ورقية أو إلكترونية (تم هذا مؤخرا). وهذا المُعَرّف وحيد على المستوى العالمي.

في عام 1994، قام المركز بإدخال الإنترنت إلى الجزائر، وكان آنذاك المزوّد الوحيد على المستوى الوطني. كما أسس شبكة البحث الأكاديميال الجزائرية (ARN). ما هي هذه الشبكة؟ على المستوى الدولي "الشبكة الوطنية للبحث والتعليم" (NREN) هو الاسم الذي يطلق على البنية التحتية والمنظمة المسؤولة عن تقديم خدمات مبتكرة في الاتصال بالشبكات وخدمات تكنولوجيا المعلومات الأخرى الخاصة بالقطاعات المعنية بشؤون التعليم بالمعنى الواسع (التربية، التعليم، التدريب، الصحة، البحث العلمي). بهذا المفهوم فإن شبكة البحث الأكاديمي هي "الشبكة الوطنية للبحث والتعليم" في الجزائر.

هذه هي إحدى المهام الرئيسية للمركز بموجب المرسوم التنفيذي الذي ينص على: "المساهمة في بناء وتعزيز مجتمع المعلومات من خلال إنشاء وتطوير شبكات قطاعية حول المعلومات الموضوعاتية، ولا سيما الشبكة الأكاديمية

والبحثية، وضمان ربطها بشبكات مماثلة في الخارج. وكذلك من خلال تطوير وتعميم تقنيات المعلومات والاتصالات في أنشطة التعليم العالي". إنها الشبكة التي تربط بين جميع المؤسسات التعليمية والبحثية على المستوى الوطني.

نلاحظ أنه في عام 2010، انتقلت شبكة البحث الأكاديمي من تقنية "مسطحة" تقليدية منخفضة السرعة إلى شبكة متعددة الخدمات وعالية السرعة. وبالشراكة مع اتصالات الجزائر ومع إحدى شركات التصنيع المعترف بها عالميًا، تحولت هذه الشبكة إلى شبكة "التبديل متعدد البروتوكولات باستخدام المؤشرات التعريفية" (IP-MPLS) التي تتسم بالكفاءة والمرونة. كما زادت قدرة الروابط بين ما يعرف "ببروتوكولات مكتب البريد" (POPS) والمؤسسات. نشير أيضا أنه تم وفي عام 2022، إطلاق شبكة البحث الأكاديمي 3 (ARN 3) من قبل لجنة الأسواق لوزارة التعليم العالي والبحث العلمي، علما أن هذه الشبكة تضاعف 10 مرات جميع سرعات الربط البيني.

نعود إلى القرن الماضي: في عام 1995، كان المركز هو مسير اسم النطاق ".dz" للجزائر. وصار التسجيل لدى "شركة الإنترنت للأسماء والأرقام المخصصة" (ICANN) ساري المفعول في ماي 1995. وتكفل بهذا التسجيل "مركز شبكة الإنترنت الجزائري (NIC.DZ) دون أي تكلفة على المسجلين. وفي عام 2012، تم إطلاق النطاق ".الجزائر" باللغة الوطنية.

السؤال 2: وما هي التطورات التي عرفها المركز خلال القرن الحادي العشرين؟

الجواب: بالإضافة إلى خدمة الإعلام العلمي والتقني المتخصص، التي تم إطلاقها في بداية التسعينيات، طور المركز، بين عامي 1995 و2006، العديد من قواعد البيانات الوثائقية المتخصصة في مجالات علمية مختلفة، مثل "ASA-Med" في المجال الطبي، و"ASA-Agri" للزراعة، و"ASA-eco" للاقتصاد و"AlGERIANA"، وهي قاعدة البيانات التي تجمع كل الوثائق الصادرة عن الجزائر.

في عام 2002، أنشأ المركز منصة للتعليم عن بعد سماها "المنهل". إنها منصة تسهل إنشاء وإدارة الدروس التي يتم تقديمها عبر الإنترنت. بمعنى أنها بمثابة صندوق أدوات يسمح لك بإنشاء دورة تدريبية عبر الإنترنت، ودمج أدوات الاتصال (المنتدى، والرسائل، والأقسام الدراسية، وما إلى ذلك)، وأدوات التقييم (الاختبار، والتمرين، وما إلى ذلك)، والتوزيع (مضامين الدروس التدريبية) والتسيير. وفي عام 2004، تم إنشاء بوابة إلكترونية للمجلات العلمية الجزائرية سميت "WebReview"؛ وهو موقع موحد للمجلات العلمية يوفر للمستخدمين مجموعة من المجلات العلمية الجزائرية التي تغطي كافة المجالات.

وفي عام 2010، تم إطلاق قناة المركز " WebTV " التي يتم فيها توطين وثائق ومقاطع فيديو مؤسساتية، مثل التظاهرات العلمية والدورات التعليمية والأفلام الوثائقية حول الثقافة العلمية والتقارير وحصص المناقشات، وما إلى ذلك. ويقدم الموقع أيضًا قسمًا حيا يوفر بثًا مباشرًا للتظاهرات التي يغطيها فريق المركز السمعي البصري.

ولتلبية متطلبات تطوير البرمجيات، تم في عام 2012، إنشاء منصة تقنية تتكفل بتطوير البرمجيات المختلفة. وهي تجمع عدة مراكز جهوية (وهران، تلمسان، بجاية، باتنة، ورقلة، قسنطينة، سطيف، عنابة، غرداية، إلخ). وقد طوّرت هذه المنصة العديد من منصات البرمجيات، ولا سيما منصة إدارة ومراقبة "مشاريع البحوث الوطنية" (PNR) ومنصة إدارة مشاريع البحث "CNEPRU"، ثم مشاريع البحث "PRFU". وفي عام 2017، أنشئت منصة النشر الإلكتروني للمجلات العلمية الوطنية " منصة المجلات العلمية الجزائرية " (ASJP). نشير أيضا إلى أنه تم عام 2013، إنشاء منصة "ابن باديس" (IBNBADIS) للحوسبة عالية الأداء (HPC)، وهي منصة مستخدمة لإجراء العمليات الحسابية الكبيرة.

كما تم إنشاء مستودع مؤسساتي في عام 2013، وهو "مكتبة المركز الرقمية". والغرض منه تسهيل إيداع المحتوى الرقمي: مقالات وردت في مؤتمرات، وتقارير تقنية أو بحثية، وأطروحات، ومطبوعات دروس، وما إلى ذلك. كما يسمح هذا المستودع بحفظ تلك الوثائق على المدى الطويل، مما يزيد في مرئيتها على الصعيدين الوطني والدولي. وفي عام 2017، تم إنشاء فرع للمركز سمي " PROXYLAN ". ويتكفل هذا الفرع بأمن المواقع الإلكترونية وبالرقمنة من خلال دمج الحلول المبتكرة وتطويرها.

وفي عام 2018، أنشئت منصة تكنولوجية خاصة بالشبكات والبنى التحتية الإلكترونية، وهي مكلفة بالبنية التحتية للشبكات ومركز البيانات و"GRID" و"CLOUD" وخدمات الإنترنت وسجل dz الوطني. وفي عام 2021، دُشن مخبر التصنيع الرقمي ثلاثي الأبعاد "الجزري-الجزائر" (CEZERI LAB)، الذي أنجزته وكالة التعاون والتنسيق التركية "تيكا" (TİKA). وفي عام 2022، وضعت منصة تكنولوجية "الحوسبة السحابية" (Cloud Computing).

نلاحظ أخيرا أنه خلال فترة جائحة كورونا بين عامي 2020 و 2021، طور المركز عدة حلول معلوماتية لصالح مؤسسات الدولة لتسهيل إدارة الأزمة الصحية.

السؤال 3: يوفر المركز لسلك المدرسين والطلبة بمؤسسات التعليم العالي نظاما وطنيا للتوثيق عبر الأنترنت (SNDL). ويقوم هذا النظام بالاشتراك في كم كبير من المجلات عبر العالم في مختلف الاختصاصات. هل يمكن معرفة كمّ التنزيلات التي تتم عبر هذا النظام؟

الجواب: في عام 2011، تم إطلاق النظام الوطني للتوثيق عبر الإنترنت SNDL. وهو يشكل أداة قيمة تسمح بالوصول إلى الوثائق الإلكترونية الوطنية والدولية الغنية والمتنوعة التي تغطي جميع مجالات التدريس والبحث العلمي. تتيح هذه البوابة لطلبة الماجستير والدكتوراه والباحثين الدائمين والأساتذة الباحثين والخبراء إجراء أبحاثهم الببليوغرافية على مدار الساعة طوال أيام الأسبوع. وقد تجاوز عدد التنزيلات من عام 2019 إلى عام 2022 عشرة ملايين.

السؤال 4: وماذا عن مهام المركز الأخرى؟ وعن فروعه عبر الوطن ودورها؟

الجواب: نعم، للمركز مهام أخرى فضلا عما سبق ذكره. بإمكاننا تعداد:

- تشجيع البحث في مجالات علوم وتكنولوجيات المعلومات والاتصالات والمشاركة في النهوض بها.
- المساهمة في تنسيق وتنفيذ البرامج الوطنية للإعلام العلمي والتقني بالتعاون مع القطاعات المعنية.
- المساهمة في بناء وتعزيز مجتمع المعلومات من خلال إنشاء وتطوير شبكات المعلومات الموضوعاتية القطاعية، مثل الشبكة الأكاديمية والبحثية، وضمان ربطها بشبكات مماثلة في الخارج.
- تعزيز الرقمنة والاستخدام واسع النطاق لتكنولوجيات المعلومات والاتصال في قطاع التعليم العالي والبحث العلمي، خاصة خلال فترة كورونا.
- تعزيز البحث في مجال أمن المعلومات والشبكات.

يضم المركز أيضًا 4 وحدات بحث: الأولى، هي تلك الموجودة في قسنطينة، والمتخصصة في نشر الثقافة العلمية والبحث في مواضيعها، خاصة في علم الفلك والفيزياء. وهذا ينطبق كذلك على وحدة تلمسان المخصصة للعلوم الطبية والبيولوجية. أما وحدة البحث الثالثة فهي بمدينة الشلف، وتُعنى بالأنظمة المدمجة. وأخيرا هناك وحدة رابعة تهتم بعلوم البيانات.

السؤال 5: لا شك أن المركز يوظف العديد من المهندسين والحاصلين على درجة الدكتوراه. كم عددهم؟ وما هي اختصاصاتهم؟

الجواب: في الواقع، يستخدم المركز ما يزيد قليلاً عن 300 شخص، من جميع الدرجات العلمية، بين باحثين دائمين وموظفين يدعمون البحث. ويمثل الباحثون تقريبا ثلث هذا الرقم، ومنهم العديد من الحائزين على شهادة الدكتوراه، وهم منتشرون في عدة مواقع عبر الوطن. ويوظف المركز باحثين في علم المكتبات والمعلوماتية والحقوق والرياضيات، إلخ.

السؤال 6: ما هي مشاريع المركز في موضوع خدمة الباحث، سيما طلبة الدكتوراه والباحثين؟

الجواب: إن جلّ ما أشرنا إليه من منصات إلكترونية وخدمات مختلفة متاحة لطلبة الدكتوراه والماستر والباحثين بالمعنى الواسع. بالإضافة إلى ذلك، ينظم المركز بشكل دوري فعاليات مختلفة، مثل "أيام التحدي" و البَرْمَجَان ("الهاكاثون") والندوات والأيام الدراسية والملتقيات الدولية.

جانب من ندوة حول الإستراتيجية الوطنية لمواجهة التحديات المناخية (12 سبتمبر 2022)

السؤال 7: تتولّون أيضا الإشراف على مخبر بحث في جامعة باب الزوار حول بحوث العمليات والتوافقيات والمعلوماتية النظرية والطرق التصادفية. وتعلمون أن هناك جدلا واسعا حول اختصاص بحوث العمليات الذي هيمن بمرّ السنين على مختلف الفروع التي تُعنى بها كلية الرياضيات في جامعة باب الزوار. بل ذهب بعضهم إلى القول بأن اختصاص بحوث العمليات قضى على الرياضيات في الجامعة المذكورة. كيف تحلّلون هذا الوضع، وكيف ترون إصلاح هذا الخلل (إن وجد)؟

الجواب: الخلل الذي تتحدثون عنه لا أشعر به شخصيًا لأن كل قسم في الكلية له الحرية في تنظيم وإطلاق الأنشطة المختلفة على النحو الذي يراه مناسبًا. إذا ما شعرت بعض الأقسام بخلل، فذلك بسبب وجود خلل في الأنشطة التي يقومون بها أو التي ينبغي عليهم القيام بها. ومن هذه الأنشطة، نذكر:

النشاط التعليمي الذي يُقاس بعدد المنشورات والمطبوعات المُنتجة، وبنوعيتها. وتُقاس أيضا بأعمال الترويج المتعلقة بتخصص كل قسم في الكلية. يجب على تلك الأعمال أن تجذب الطلبة نحو الاختصاص المعني من خلال إظهار تداعيات دراساتهم وتطبيقاتها المختلفة. ينبغي العمل على إظهار جماليات الاختصاص واتساقه وفائدته، وجدوى منتجاته. وفضلا عن ذلك، فإن الطلبة المنتسبين إلى بعض أقسام الكلية ليس لديهم روابط تشدهم إلى أقسامهم. لذا يبدو لي أن وجود نوادٍ طلابية مرتبطة بأنشطة القسم أمر ضروري. والواقع أن مثل هذه النوادي لا توجد لحد الآن سوى في قسم بحوث العمليات، وللنادي بعض النشاطات (على حد علمي).

المؤسف أنه لا توجد نشاطات تنافسية ولا بَرْمجانات (هاكاثونات) يتم تنظيمها على مستوى الأقسام المذكورة. كما لا توجد نشريات إعلامية دورية تحيط الطلبة والأساتذة بالأنشطة المختلفة المرتبطة باختصاص القسم (أحدث

النتائج والنظريات، الجوائز الدولية الممنوحة في مجالات تخصصهم...). كما لا توجد معلومات حول المؤتمرات والملتقيات والورشات التكوينية والندوات الهامة في مجال اختصاص كل قسم. فالطلبة لا يعرفون مثلا الشخصيات البارزة في اختصاصهم على الرغم من أنهم يستضافون في المؤتمر العالمي للرياضيات.

فيما يتعلق بنشاط البحث، فمن المعلوم أنه يتم تقييمه بشكل عام من خلال ممارسات معينة، مثل تنظيم الندوات الدورية والأيام العلمية وورشات العمل، وتتدارس الكتب والمقالات البحثية والمنشورات. ومن جهة أخرى، نلاحظ أنه لا يوجد أي نشاط تقوم به أقسام الكلية لتطوير الثقافة ذات الصلة بالمجلات البحثية المرتبطة باختصاص كل القسم.

هناك طريقة نقارن من خلالها حركية إنتاج البحوث تراعي عدد الدكاترة الدائمين في كل قسم. وفضلا عن ذلك ، فإن العمل المتعلق بالنشاط البحثي يسهم فيه بشكل أساسي طلبة الدكتوراه. ولذا، إذا لم نقم بتوظيف طلبة الدكتوراه الذين تدعمهم نشاطات ما يسمى بفريق العمل الدوري وتدارس المؤلفات المتخصصة بصورة جماعية، فسنجد أنفسنا نعمل بشكل فردي ويصبح النشاط المندرج في تحضير شهادة الدكتوراه نشاطا ثقيلًا، وغامضا، وغير مهم، ويصعب حصره.

وبالإضافة إلى ذلك، يشمل قسم بحوث العمليات ما يقرب من ثلاثة محاور علمية رئيسية بمفهوم التصنيف العالمي للرياضيات بالصيغة التي تم الاتفاق عليها مؤخرا بين الجمعية الرياضياتية الأمريكية (AMS) و "زنترالبلات" (Zentralblatt)، وهي الجمعية الرياضياتية الأوروبية التي بادر بإنشائها الألمان:

- بحوث العمليات والبرمجة الرياضياتية، رمزها 90؛
- التوافيقيات، رمزها 05؛ وهي تتشكل من نظرية البيانات، رمزها C05؛ والتوافيقيات التعدادية B05 (الحاضرة بقوة في قسم بحوث العمليات بكلية الرياضيات).
- السلاسل الزمنية، بالإضافة إلى تخصصات أخرى في الإحصاء تمثل فرعا من فروع الإحصاء، الذي رمزه 62.

مركز البحث في الإعلام العلمي والتقني

السؤال 8: كنتم أيضا تشرفون على المدرسة العليا للرياضيات، وقد أُدخل في ذلك الوقت مقررٌ للسنة الأولى يدعى "الرياضيات المتقطعة". ومن المعلوم أن هذا الاختصاص أُدخل في الغرب منذ الثمانينيات ضمن مقررات المعلوماتية، ثم صار مقررا مستقلا. لكن هناك من ينتقد ذلك عندنا إذ يرونه لا يناسب طلبة السنة الأولى في المدرسة المذكورة. أنتم تؤيّدون إدخال هذا المقرر في السنة الأولى؟ ما هي المبررات؟

الجواب: نعم، في برامج السنوات الأولى من الجامعات والمدارس العليا -وخاصة في النظام الفرنسي، وهو النظام الأكثر تأثيرًا على نظامنا التعليمي- لا نجد كثيرا مقررا في الرياضيات المتقطعة ضمن برنامج السنة الأولى من الجامعات. ومع ذلك، ظهرت في السنوات الأخيرة، بعض المؤسسات في فرنسا تقدم الرياضيات المتقطعة في السنة الأولى (نلاحظ أن معظم الانتقادات في هذا الباب أتت من زملاء عاملين في فرنسا أو درسوا في جامعاتها). أما في أمريكا الشمالية والجنوبية وفي بلدان أوروبا الشرقية وفي البلدان الآسيوية فالحال ليس كذلك، إذ نجد الرياضيات المتقطعة منتشرة في كل مكان.

أعتقد أنه سيكون من الحكمة إجراء سبر آراء بسيط عند أفضل طلبة المدرسة الوطنية العليا للرياضيات (لنقل الثلاثين الأوائل) الذين انتقلوا الآن إلى السنة الثانية، وأخذ رأيهم، لتكون لنا فكرة أوضح حول هذا الموضوع. وعلى كل حال، فسيظل هناك رأيان، رأي مؤيد ورأي ضد هذا التوجه. إن الدافع الأساسي لتدريس هذا المقرر هو أنه مقرر يساعد كثيرا في استخدام البرمجة أو الحوسبة العلمية، وذلك دون أن ننسى بأنه مقرر أساسي في المعلوماتية النظرية.

جانب من ندوة في المدرسة الوطنية العليا للرياضيات

السؤال 9: ألا ترون بأن الجوائز العلمية الوطنية محفزة للتلاميذ والطلبة والأساتذة والباحثين وأن الجزائر مقصّرة في هذا الجانب؟

الجواب: فيما يتعلق بالجوائز والاستحقاقات العلمية، أنا أتفق تمامًا مع رأيكم. هناك نوعان من الجوائز: تلك التي تكافئ التلاميذ والطلبة والمدرّسين عند اجتيازهم مسابقة، أو منافسة أولمبية، أو قيامهم بنشاط علمي، أو المشاركة في برمجانات (هاكاثون)، أو عند البرهان على نتيجة علمية مهمة. في هذه الحالات، فمن الضروري تمييزهم عن غيرهم، وتشجيعهم وتثمين أعمالهم، وتحفيزهم بمكافأة جهودهم. ينبغي أن تكون المصاريف المتعلقة بذلك مدرجة في الميزانيات. فيما يتعلق بالنوع الثاني من التميّز، وهو المتعلق بالباحثين، تجدر الإشارة إلى أن ظهور إنتاج في مجال البحث يتطلب من الباحثين والأستاذة الباحثين الكثير من الوقت. ولذلك فتشجيع هؤلاء على إنتاج المزيد أو إنتاج الأفضل، أي النشر في المجلات العالية يستدعي وضع نظام دائم لمكافأة الأفضل والأكثر إنتاجية. ويتم ذلك أيضًا من خلال مرسوم أو نص يقيّم هذا الإنتاج ويحدده، كما هو الحال في معظم البلدان.

السؤال 10: ما رأيكم في نشر الثقافة العلمية عبر المجلات التعميمية ودورها في المجتمع؟ هل يقوم مركزكم بمثل هذه المهمة؟

الجواب: حسب علمي، فقد تم تصميم الهيكل الأول لنشر الثقافة العلمية من قبل الحائز على جائزة نوبل في الفيزياء عام 1926 جون بيرين Jean Perrin. وكان قد فكر في هذا الهيكل عام 1929، وظهر التصميم بعد بضع سنوات من ذلك التاريخ. ومن بين شعارات جان بيرين: "إظهار العلم وهو قيد الإنجاز"؛ و"إبراز إسهام العلم في الحضارة"، و"اخرجوا العلم من المخابر". وبعد بضع سنوات من هذا التاريخ، كان جون بيرين أيضًا من وراء إنشاء المركز القومي الفرنسي للبحث العلمي (CNRS). نسرد كل ذلك للتأكيد على أن الترويج للعلم والبحث العلمي يسيران جنبًا إلى جنب. واليوم، بعد زهاء قرن من الزمان، هناك المئات من المراكز العلمية -بعضها مخصص لمجال علمي معين- وفي كل مركز تقريبا من تلك الهياكل نجد مجلة تُعنى بتعميم العلوم، يغذيها باحثون محترفون و/ أو كتّاب ووسطاء علميون (الوسيط العلمي شخص مهنته تبسيط العلم للجمهور الواسع). بل هناك مجلات اكتسبت شهرة كبيرة، مثل "pour la science" و "la recherche" و"sciences et vie"، وهي مجلات منشورة بعدة لغات.

لذا فإن وجود مجلات تقوم بنشر العلوم بشكل عام، أو مجلات متخصصة في نشر علم تابع لمجال معين، هو أمر بالغ الأهمية. ومن أدوار هذه المجلات أنها تزود العلميين بالأفكار الجديدة الموجودة في العلوم المجاورة (الخاصة بهم). كما أن هذه المجلات تعدّ أيضًا وسيلة قوية لكشف المواهب العلمية للشباب حتى يخوضوا في المجالات العلمية فيمكّنهم ذلك من اتخاذ الخيارات المناسبة في حياتهم المستقبلية.

كانت للمدرسة العليا للأساتذة بالقبة مبادرة إنشاء مجلة بشائر العلوم. إنها مبادرة تستحق الثناء سمحت بإصدار حتى الآن 8 أعداد. هذه مبادرة مهمة للغاية لا يسعنا إلا أن نباركها.

فيما يتعلق بدور المركز في نشر الثقافة العلمية، فكما أسلفنا، يمتلك المركز وحدة بحث في قسنطينة تختص في نشر العلوم الأساسية وخاصة علم الفلك، وهناك أيضًا وحدة بحثية أخرى مخصصة لتبسيط علوم الأحياء والطبيعة والحياة، والعلوم الطبية التي انطلقت مؤخرا في تلمسان. ويتعين على هذه الوحدة أيضا تطوير الأبحاث حول المعلوماتية الطبية. نشير إلى أن وحدة قسنطينة نظمت بالفعل العديد من ورشات العمل والأنشطة حسب مستويات مراحل التعليم والبحث لنشر الثقافة العلمية. علاوة على ذلك، تصدر وحدة قسنطينة مجلة تعميمية مختصة في علم الفلك وعلوم الكون، ولهذه المجلة وقْع نراه إيجابيا جدا.

عرض الكتاب

عرض كتاب

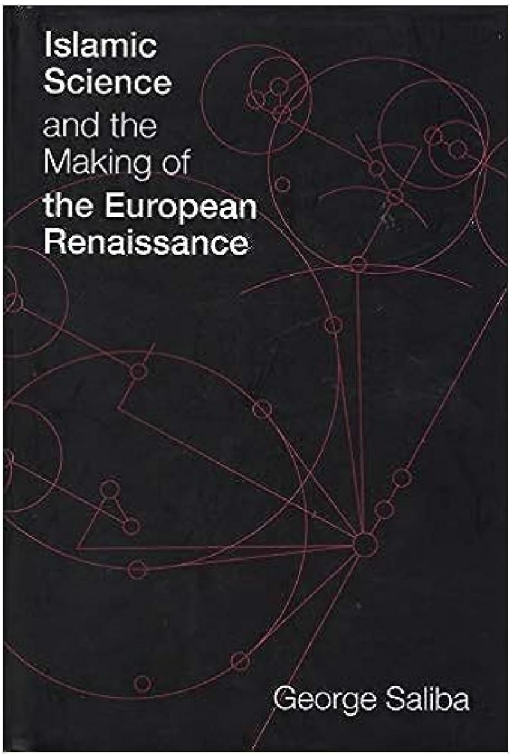
العلوم الإسلامية وقيام النهضة الأوروبية

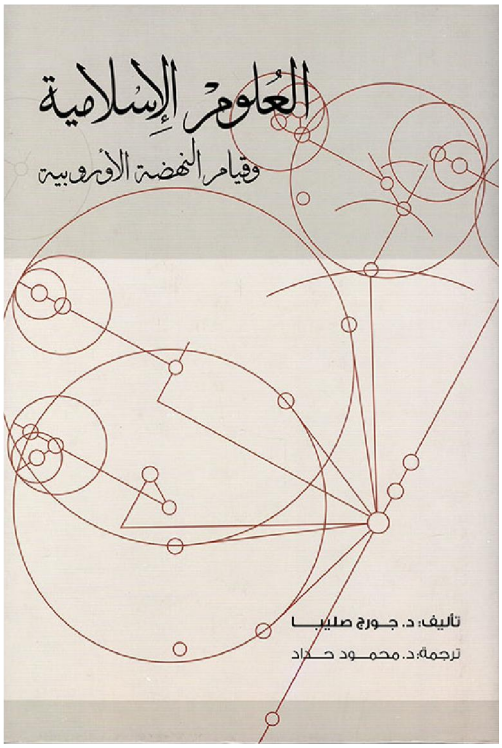
تأليف: جورج صليبا

عرض: ليلى زيتوني

أستاذة بقسم الرياضيات، المدرسة العليا للأساتذة، القبة

leila.zitouni@g.ens-kouba.dz





مقدمة

يُعدّ الأكاديمي اللبناني جورج صليبا أحد أهم الباحثين في مجال تاريخ العلوم الإسلامية. بعد حصوله على بكالوريوس في الرياضيات وماجستير من الجامعة الأمريكية في بيروت، حاز على ماجستير آخر ودكتوراه من جامعة كاليفورنيا، بيركلي. وهو أستاذ في اللغة العربية والعلوم الإسلامية في جامعة كولومبيا منذ 1978. له العديد من المؤلفات والمقالات الأكاديمية في تاريخ العلوم الإسلامية، وبشكل خاص في تاريخ علم الفلك العربي. ويُعدّ كتابُ "العلوم الإسلامية وقيام النهضة الأوروبية" أحد أهم كتب صليبا. وقد كُتب أساسًا باللغة الإنكليزية، وصدر عام 2007 تحت عنوان Islamic Science and the Making of the European Renaissance، عن منشورات معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا The MIT Press. في عام 2011 صدرت الترجمة العربية للكتاب، في 477 صفحة، عن الدار العربية للعلوم وهيئة أبو ظبي للثقافة والتراث.

يطرح صليبا في هذا الكتاب نموذجا مختلفا يحاول من خلاله تفسير نشأة التراث العلمي الإسلامي وتفسير نهايته. ويركّز بشكل خاص على علم الفلك بحكم اختصاصه في هذا المجال، وبسبب التطور المستمر الذي شهده علم

الفلك العربي منذ ظهوره في بداية العصور الإسلامية إلى غاية القرن السادس عشر. يدعو المؤلف في كتابه إلى العودة إلى المصادر الأولية، التاريخية منها والعلمية، ومحاولة قراءتها مجدّدا متجردين عن التعصب لأي سرد إيديولوجي.

1. التراث العلمي الإسلامي: عرض السرد الكلاسيكي لمسألة البدايات، ونقده

يبدأ صليبا كتابه بعرض السرد الكلاسيكي -وهو السرد الذي طرحه أوائل المستشرقين وتبنّاه لاحقًا كثيرون- لمسألة نشأة التراث العلمي الإسلامي. حسب هذا السرد، شرعت الحضارة الإسلامية -التي كانت في بدايتها بعيدة عن الحياة الحضرية- في تطوير الفكر العلمي بعد احتكاكها بحضارات قديمة أخرى: الحضارة اليونانية والحضارة الساسانية المرتبطة بالحضارة الهندية. وعبر الترجمة الإرادية، في أوائل العصر العباسي (بين حوالي 750 و900م)، تمّت عملية استملاك العلوم من يد تلك الحضارات، مما نتج عنه، وبشكل سريع، عصرٌ ذهبي للعلوم والفلسفة.

يرى صليبا أنّ ثغرات عديدة تشوب السرد الكلاسيكي في تفسيره لنشأة التراث العلمي الإسلامي، رغم وجود نظريات مختلفة يعتمد عليها هذا السرد في تفسيره. وفي خضّم عرضه لهذه النظريات، يقوم الكاتب بإبراز أوجه ضعفها وتبيان عجزها عن الإجابة عن مجموعة من الأسئلة المهمة.

"نظريةُ الاحتكاك"، التي تقترح تفسير ولادة العلوم الإسلامية كنتيجة للاحتكاك الذي تم بين الحضارة الإسلامية والحضارتين البيزنطية والساسانية، لا تفسّر النوعيةَ الجيدة التي كانت تتمتع بها أولى النصوص العلمية والفلسفية اليونانية المترجمة إلى العربية. علمًا أنّ هذه الثقافات المجاورة، كانت قد توقفت عن إنتاج نصوص شبيهة لمدة قرون قبل مجيء الإسلام. ولم تكن فيها هذه الكتب معتَمدةً في التعليم ولا متداوَلةً على نطاق واسع.

أما "نظرية الجيوب"، التي تفترض استمرار النصوص الفلسفية والعلمية القديمة في بعض مدن بيزنطة أو الإمبراطورية الساسانية (مثل أنطاكية، وحرّان، وجنديشابور)، فإنها لا تخلو من نقائص. الحفاظ على نصوص من القرن الثاني الميلادي لمدة مئات السنين، لا يضمن وجود أشخاص يفهمون هذه النصوص حين تُرجمت خلال العصر العباسي بعد 700 سنة من كتابتها. والعلوم البيزنطية كانت أقرب إلى العلوم الشعبية البسيطة، وعرفت انتكاسات عديدة. ولم يظهر عالِمٌ واحد في هذه المدن أنتج عملًا يُثبت فهمَه العميق للنصوص الفلسفية والعلمية اليونانية القديمة.

أمّا الذين يقترحون أنّ عملية نقل العلوم اليونانية إلى الحضارة الإسلامية مرّت بالسريانية أولا (يذكرون كُتّابًا سريان من القرن 7م)، فإنهم يقعون في المعضلة ذاتها. فأعمال هؤلاء السريان ابتدائيةٌ نسبةً إلى النصوص اليونانية الكلاسيكية، ولا يمكنها تفسير المستوى الجيد للنصوص المنقولة بعد ذلك إلى اللغة العربية.

ومن أجل تفسير توقيت عملية النقل، يقترح السردُ الكلاسيكي تصاعدَ العناصر الفارسية في الإمبراطورية الإسلامية خلال حكم العباسيين. لكن هذا الطرح لا يفسّر سبب لجوء العناصر الفارسية لترجمة المصادر الفلسفية والعلمية اليونانية. ويتساءل صليبا عن سبب هذه اليقظة المفاجئة وسبب تأخرها إلى غاية أوائل العصر العباسي.

يرى بعضُ من يتبنّون السرد الكلاسيكي، أنّ دافع عملية النقل هو تسلّم المأمون السلطة (813م) واعتمادُه على مدرسة علم الكلام -التي كانت تعتمدها المعتزلة- كلاهوت رسمي للدولة، وتعزيز الفكر الفلسفي في وقت المأمون الذي شجع الحصولَ على النصوص الفلسفية اليونانية من أجل تعزيز مركز الدولة الفكري. المشكلة في هذا الطرح أنّ صلة المعتزلة بالدولة كانت قصيرة. فبعدما تولّى المتوكل السلطة (847م) غيّر أنظمةَ المأمون ودعّم أهلَ الحديث، أعداءَ المعتزلة. مع ذلك فإنّ الكمية الكبرى من تراجم المؤلفات اليونانية تمّت خلال حكم المتوكل. وقد كان طبيبُ المتوكل، حُنَين بن إسحق (ت. 873م)، أحد أهم المترجمين وأكثرهم غزارة.

يعجز السرد الكلاسيكي عن تفسير بعض الوقائع. مثلا، حين رغب المنصور ببناء مدينة بغداد (762م) طلب من ثلاثة علماء في أحكام النجوم اختيار المكان. أحدُ هؤلاء المنجّمين يُدعى إبراهيم الفزاري. وهو كما يدل على ذلك اسمُه، عربيٌّ. فمن أين حصل الفزاري على هذا المستوى من المعرفة الفلكية في هذا الوقت المبكر من الحكم العباسي؟ وقائع أخرى مشابهة يذكرُها صليبا، يستشّف منها وجود طبقة من الأشخاص البارعين بشكل كافٍ في الفلك، حين استولى العباسيون على الحكم.

ويشير الكاتب إلى النوعية الرفيعة للتراجم الأولى التي لا يمكن أن يُنتجها مترجمون مبتدئون. فالحجاج بن مطر (ت. 830م)، الذي ترجم النصين العلميين الأكثر تقنية في الرياضيات وعلم الفلك: **الأصول** لأقليدس (Euclid) و**المجسطي** لبطلميوس (Ptolemy)، لم يكتف باستخدام لغة عربية سليمة ومصطلحات تقنية ممتازة، بل إنه صحح الأخطاء الموجودة في الكتاب الأصلي اليوناني **المجسطي**. وكيف يمكن تفسير ولادة مجال جديد على يد محمد بن موسى الخوارزمي (ت. حوالي 850م)، خلال هذه الفترة المبكرة؟ فتصنيف مجال الجبر بكونه مختلفا عن علم الحساب يتطلب شيئا من النضج يصعب تصوّر وجوده مع جيل أول من المترجمين.

2. التراث العلمي الإسلامي: السرد البديل لمسألة البدايات

بعد أن أوضح صليبا المشاكل التي تعترض السرد الكلاسيكي في تفسيره لنشأة التراث العلمي الإسلامي، يقترح البحثَ في المصادر التاريخية عن جذور سردٍ بديل. يعتمد المؤلّف بشكل رئيسي على كتاب **الفهرست** الذي أنجزه النديم (أو ابن النديم) في 987-988م، والذي حاول فيه تفسير التاريخ الفكري للحضارة الإسلامية حتى عصره، وعَرض مختلف الآراء المعاصرة له حول نشأة العلوم في أوائل الحضارة الإسلامية.

يشير النديم إلى أنّ عودة المسيحية إلى بيزنطة تسبّبت في حظر الفلسفة. واستمر الوضع كذلك إلى حين انتهاء القرن العاشر. يتساءل صليبا، كيف يمكن لهذه العلوم التي تعرضت للاضطهاد في موطنها الأصلي في بيزنطة، هذا إذا ما كان هناك نشاطات علمية لتُضطهد أصلًا، أن تتمكن من الانتقال إلى ثقافة أخرى إسلامية لم تكن تملك علوما خاصة بها كما كان غالبا يقال لنا؟

ثم يذكر النديمُ خالدَ بن يزيد بن معاوية باعتباره مسؤولًا عن أول عملية ترجمة في الإسلام. لينتقل مباشرة إلى الحديث عن حركة ترجمة الديوان التي بدأت خلال الفترة الأموية، وإنشاء النقود الجديدة للدولة العربية الناشئة بأمرٍ من عبد الملك بن مروان ومشورةٍ من خالد المهتم بصناعة الكيمياء. يربط النديم ظهورَ العلوم في الحضارة الإسلامية بعمليتي تعريب الديوان وسك الدينار العربي بأمر عبد الملك الذي سعى إلى الاستقلال عن النقود البيزنطية.

وقد يكون من المفيد تقديم بعض التفاصيل حول الديوان لفهم كيف يمكن أن يؤثّر تعريبُه على ظهور العلوم في الحضارة الإسلامية. فالديوان كان ديوان الأموال؛ والشؤون المتعلقة بالأموال تتطلب عمليات حسابية. كما أنّ دفع الضرائب يقوم على احتساب تقويم السنوات الشمسية الذي يستوجب معرفةً فلكية. إذن، كان على موظف الديوان امتلاك معارف علمية أولية.

يبدو أنّ تعريب الديوان تسبّب في إقصاء المجموعات الناطقة آنذاك بالفارسية واليونانية عن الأعمال الإدارية، وقد كانوا في معظمهم من الزردشتيين أو المسيحيين. قبل عملية التعريب هذه، كانت الطبقات العليا من هؤلاء البيروقراطيين تشعر بالاستقرار في مراكزها الإدارية. يستنتج صليبا، بناءً على ما ذكره النديم وآخرون، أنّ عملية ترجمة الديوان ولّدت قلقًا جماعيا بين عناصر هذه المجموعات.

كان البيروقراطيون العاملون في الديوان قبل تعريبه أكثر الأشخاص إلماما بالعلوم الأولية كما كانوا أصحاب معارف في اللغة اليونانية. ومن أجل منافسة موظفي الديوان الجدد والعودة إلى احتكار أعلى مراكز الدولة، عملوا على

امتلاك مستويات أعلى من المعرفة. وكان عليهم في الوقت ذاته إبراز مهاراتهم في اللغة العربية التي أصبحت لغة المنافسة. وهكذا بعد مرور جيل أو جيلين، تمكّن أبناء هاته المجموعات من استعادة دورهم.

تَذكر بعض المصادر الكلاسيكية أنّ عائلات بأكملها عادت لتشغل أعلى المراكز في البلاط العباسي، وأصبح أبناؤها مستشارين مقربين من الخليفة، مثل: عائلة بختيشوع التي أنجبت عدة أطباء للبلاط العباسي؛ وعائلة نوبخت التي ضمّت العديد من المنجمين؛ وحنين بن اسحق وابنه وابن أخيه وأقرباء آخرين، وكانوا مترجمين وأطباء. وتصف لنا هذه المصادر جوّ التنافس الشديد بين هذه العائلات.

نتيجة لهذه الحركية، تمكنت اللغة العربية باعتبارها لغة العلوم الجديدة، من توسيع دائرة المنافسة وإتاحة الفرصة أمام العرب العاملين في الدواوين للانضمام. فقام هؤلاء العرب من البيروقراطيين بالانضمام إلى المنافسة، إما بجمعهم للمعارف مباشرة، أو بتأمين خدمات أناس للقيام بذلك. وعلى عكس ما هو شائع، فإنّ معظم التراجم التي أُنتجت خلال القرن التاسع لم تكن برعاية الحكّام بل برعاية البيروقراطيين.

من جهة أخرى، تزامنت ترجمة العلوم مع إحداث نشاطات إبداعية تطلّبت هي الأخرى المزيد من التراجم. كما رافق هذا النشاط الإبداعي عمليةَ إعادة تقييمٍ للإرث العلمي اليوناني. وحين نعرف أنّ تعريب الديوان سبق ترجمة الحجاج بقرن كامل تقريبا، يصبح من السهل إدراك الفائدة التي أنتجتها التراجم الأولى على مستوى نحت المصطلحات التقنية، وليس إحداث لغة تقنية جديدة من الصفر، كما حاول أن يقنعنا بذلك السرد الكلاسيكي.

3. علم الفلك الإسلامي، المواجهة مع التراث الفلكي اليوناني

غالبًا ما يتم التأكيد على أنّ الحضارة الإسلامية حفظت التراث الفلكي اليوناني. لكن هذا التراث كان قد استقبِل بتقييم نقدي منذ البداية: بدءًا بتصحيح المترجمين للأخطاء الواردة في النصوص اليونانية، ومرورا بإعادة التقييم النقدي للنتائج المرصودة، وإثارة الاعتراضات ضد هذا التراث بسبب إهماله مقدماته الفلسفية الطبيعية الأرسطو طاليسية، والاعتراضات النظرية على هذه التراث بسبب افتقاره للتناسق الشامل.

يمكن وصف تراث علم الفلك الإسلامي النظري بأكمله كمحاولة مستمرة لإنقاذ الفلك البطلمي قصد جعله أكثر تناسقا مع المبادئ الأرسطو طاليسية الكونية. كما أنه كان محاولة لمجادلة بطلميوس ومجادلة أرسطو (Aristotle) من ورائه حول التناقضات التي أحدثتها رؤاهم الكونية.

ارتباط علم الفلك بالتنجيم تسبّب في اتهام السلطات الدينية لممارسيه بعدم المبالاة بالمبادئ الدينية. فكان أمام علماء الفلك في الحضارة الإسلامية خياران: إما تجاهل السلطات الدينية والاستمرار بربط فرع معرفتهم بالتنجيم، كما حصل في المصادر اليونانية سابقا؛ أو إعادة تعريف موضوع علمهم ليتحول إلى علم يبحث في معرفة مواقع الكواكب دون التعليق على المعنى التنجيمي لهذه المواقع.

لم يعد علم الفلك الإسلامي يشبه نظيره اليوناني في بعض الوجوه. فمن ناحية الحسابات الرياضية، فإن عِلمَي الفلك هذين متطابقين تقريبا. الفارق الوحيد، كان استفادة علماء الفلك اللاحقين في الحقل الإسلامي من مرور الزمن لتصحيح المعايير الفلكية التي تضمنها التراث الفلكي اليوناني. غير أنّ الفارق الأهم كان في هدف علمي الفلك هذين: فعِلم الفلك اليوناني كان يحتاج إلى تحديد مواقع الكواكب للتنبؤ بتأثيرهم في عالم التغيير الواقع دون أفلاك القمر، فيما حصر علم الفلك الإسلامي نفسه لدراسة سلوك الكواكب بأقصى دقة ممكنة، وأعرض عن التساؤل حول تأثيرها. في هذه البيئة الخاصة نشأ "علم الهيئة"، وأُطلق عليه هذا الاسم الجديد الذي يعني "علم هيئة العالَم".

كانت مهمة علم الفلك الإسلامي الجديد في إنشاء علم فلك لا يشكو من نواقص علم الفلك البطلمي. فتم إرساء تراث بدأ في أوائل القرن التاسع واستمر حتى القرن السادس عشر. وتعددت مستويات الردود على ما اعتبر

أخطاء فعلية في التراث البطلمي: تلك الناجمة عن الأخطاء التي تضمنتها نسخ النصوص عينها؛ تلك التي تسببت بها أساليب الرصد الخاطئة والتي لاقت اهتماما وبدأ إصلاحها من أوائل القرن التاسع. ومع مرور الزمن بدأت تنشأ وتزداد أنماط جديدة من الكتابة تناولت مجموع هذه المشاكل البطلمية، وغالبًا ما كانت تُعنَون بعناوين مثل كتب الشكوك، والاستدراك، وغيرها.

4. العلم الإسلامي والنهضة الأوروبية: الصلة مع فلك كوبرنيك

بعد القرن الثالث عشر الميلادي، أضحت حركة الإصلاح المستمر لعلم الفلك اليوناني قوية، لدرجة أنها جلبت اهتمام علماء الفلك من خارج العالم الإسلامي. فمِن المعلوم أنّ علماء فلك بيزنطيين سافروا إلى الأراضي الإسلامية للاطلاع على أحدث التطورات في علم الفلك الإسلامي ونقل اكتشافات المسلمين إلى اللغة اليونانية. وبعد وقوع القسطنطينية بيد العثمانيين (1453م)، هرب عدد كبير من العلماء البيزنطيين إلى الغرب آخذين معهم كتبًا حملت علامات تأثّرٍ واضحة بإنتاج الحضارة الإسلامية العلمي.

ومع أنّ عدة أعمال علمية عربية كانت قد تُرجمت إلى اللغة اللاتينية في وقت سابق، إلا أنها لم تكن مفهومة أحيانا، واقتصرت غالبًا على حدود الفهم اللغوي للنصوص. أما النصوص البيزنطية اليونانية، كانت قد استوعبت النصوص العلمية العربية والفارسية لمدة قرنين تقريبا، قبل إدخالها إلى أوروبا. ولم تكن محتوياتها قد تُرجمت على ما يبدو إلى اللغة اللاتينية، بل قُرئت باليونانية بسبب تركيز بيئة النهضة الفكرية على اللغة اليونانية.

في عام 1957، اكتشف إدوارد كنيدي (Edward Kennedy) مخطوطًا لعالم الفلك الدمشقي ابن الشاطر (ت. 1375م). لفت نصُّ المخطوط انتباهَ أوتو نويغبور (Otto Neugebaur)، الذي كان يعمل حينها على دراسة علم الفلك الرياضي عند كوبرنيك (Copernicus)، ليكتشف أنّ هيئة ابن الشاطر لحركات القمر مطابقة تماما لهيئة كوبرنيك (1543) للكوكب عينه. أربك هذا الاكتشاف المجتمعَ الأكاديمي الذي كان يعتبر علوم عصر النهضة الأوروبية ابتكارا أوروبيا خالصًا. كان وجه التشابه بين عمل كوبرنيك وابن الشاطر كبيرا إلى درجة جعلت سفردلوف (Swerdlow) ونويغبور، في كتابهما حول علم الفلك الرياضي عند كوبرنيك، يَعُدّان كوبرنيك آخر عالم فلك في مرصد مراغة عوضًا عن كونه شخصية مستقلة تقوم بإرساء علم فلك جديد.

طرح هذا الاكتشاف عدة تساؤلات. فهل اطلع كوبرنيك على أعمال ابن الشاطر؟ وكيف تم ذلك؟ ليس هناك دليل على إجادة كوبرنيك للغة العربية. ولم يثبت أنّ أعمال ابن الشاطر أو العرضي أو الطوسي (وهم فلكيان من القرن الثالث عشر) تُرجمت إلى اللغة اللاتينية. ولتفسير كيفية انتقال أفكار ابن الشاطر وغيره إلى أعمال كوبرنيك يقترح صليبا وآخرون بعض الفرضيات.

إن العلاقة التي ربطت عصر النهضة بالعالم الإسلامي مختلفة تماما عن الارتباط الذي كان شائعا طوال العصور الوسطى. ففي العصور الوسطى، كان الناس يعتمدون على الترجمات وينتظرون صدورها قبل استخدامها. لكن في عصر النهضة، يبدو أنّ بعض رجال العلم أصبحوا مستعربين، ولم يعودوا بحاجة إلى الترجمات. إذ أصبح بإمكانهم استخدام النصوص العربية مباشرة واستخدام أفكارها. ويذكر صليبا المستعربَ الفرنسي، الذي كان معاصرا لكوبرنيك، غليوم بوستيل (Guillaume Postel) الذي ثبت امتلاكه لمخطوطات فلكية عربية أحضرها من القسطنطينة، منها تذكرة الطوسي.

لا يعتقد صليبا أنه بالإمكان فهم أُسس علم الفلك الكوبرنيكي، دون تفحّص النتائج التي تم التوصل إليها في التراث الإسلامي. ليس فقط لأن تلك النتائج سبقت أعمال كوبنيك، بل لأننا نستطيع فهم العملية التراكمية للإنتاج العلمي في التراث الإسلامي، في حين لا نرى مثل هذا العمل الدؤوب في أعمال كوبرنيك، وبالدقة نفسها.

5. عصر الانحطاط: عرض السرد الكلاسيكي ونقده

وفقا للسرد الكلاسيكي، فإنّ القرون المتأخرة للحضارة الإسلامية، مثّلت عصر انحطاط العلوم الإسلامية. وتوصّل السرد الكلاسيكي إلى وضع نظريته حول عصر الانحطاط بناءً على افتراضين أساسيين:

- حسب الفرضية الأولى، والتي تتبنى نموذج الصراع الأوروبي بين العلم والدين، فإنّ موت العقلانية في الحضارة الإسلامية كان نتيجةً لارتفاع مستوى الفكر الديني الذي يُزعم أنه حصل على حساب الفكر الفلسفي والعلمي. ويفترض أصحاب هذا الطرح أنّ كتاب **تهافت الفلاسفة** للغزالي (ت. 1111م) كان محطة مفصلية في هذا التحوّل. وهكذا يُحمّلون الغزالي مسؤولية انحطاط الفكر العلمي العقلاني في الحضارة الإسلامية.
- أما الفرضية الثانية، فهي تستند إلى التاريخ الإسلامي السياسي. يزعم أصحاب هذا الاتجاه أنّ هولاكو، الذي دمّر مدينة بغداد عام 1258م، كان مسؤولا عن انحطاط العلم في الحضارة الإسلامية.

كان لانتشار هذه الأفكار تأثير سلبي على قراءة النصوص العلمية التي كُتبت بعد الغزالي. فقد صرف مستشرقو القرن التاسع عشر نظرهم عن النصوص العلمية التي كُتبت في الفترة اللاحقة للغزالي، محققين بذلك النبوءة لأنهم توقعوها، حسب تعبير صليبا.

يرى الكاتب أنّ الافتراضين خاطئان. فالعصور اللاحقة للغزالي عرفت، حسب المصادر العلمية التي وصلتنا، نشاطا مزدهرا في جميع المجالات العلمية. ويذكر على سبيل المثال أعمال: الجزري (زاول حوالي 1205م) في علم الحيل (الميكانيكا)؛ نصير الدين الطوسي (ت. 1274م) في الرياضيات والفلك، ابن الشاطر (ت. 1375م) في الفلك؛ كمال الدين الفارسي (ت. 1320م) في البصريات؛ ابن البيطار (ت. 1248م) في الصيدلة؛ ابن النفيس (ت. 1288م) في الطب. ويبدو أنّ هؤلاء العلماء وأمثالهم اكتسبوا ثقة كبيرة، ساعدتهم في تحدّي أسلافهم والرد على الإرث اليوناني. فكثيرا ما نجد في مؤلفاتهم، عند تناولهم مواضيع النزاع، أقوالا مثل "هذا هو الرأي المشهور وهو عندنا باطل".

لقد شوّه السردُ الكلاسيكي النتائج التي توصّل إليها هؤلاء العلماء حين حَكَم، مسبقًا، بعدم أهميتها، وحينما ركّز على أنّ هذه النتائج لم تُترجم إلى اللاتينية خلال العصور الوسطى. وبذلك تكون النهضة الأوروبية قد قامت باستقلال تام عما كان يحصل خلال تلك القرون في العالم الإسلامي. يشير صليبا إلى حُكم أصحاب السرد الكلاسيكي المسبق على مؤلفات "الشروح"؛ فهم يرون في الشروح إشارة إلى الانحطاط دون أن يتكبّدوا عناء قراءتها. ويدعو إلى العمل من أجل الوصول إلى التقدير الصحيح لدور هذه الشروح. وفي مثال للتدليل على قوله، يذكر اكتشاف مزدوجة الطوسي (1247م) في سياق أحد شروح كتاب المجسطي.

أما بالنسبة إلى المتمسّكين بفكرة الصراع المميت بين العلم والدين، يشير صليبا إلى أنّ أغلب علماء الفلك في العصور اللاحقة للغزالي كانوا رجال دين أصلا! إذًا نموذج الصراع الأوروبي بين العلم والدين لا ينطبق على الحضارة الإسلامية.

ويذكر الكاتبُ أنّ نصير الدين الطوسي، الذي قُبض عليه في أثناء غزوة قلعة ألموت الإسماعيلية، أصبح وزيرًا لهولاكو، وقام بإنقاذ حوالي 400000 مخطوط قبل نهب بغداد. وبعد سنة من تدمير بغداد، أقنع الطوسي نجلَ هولاكو بمنحه الدعم الكافي لإنشاء أحد مراكز الرصد الأكثر تطورا في العالم الإسلامي، مرصد مراغة. جمع هذا المرصدُ أفضل علماء الفلك في العالم الإسلامي، وجُهّز بمكتبة جديدة جُمعت من المخطوطات التي أُنقذت. فكيف يمكن القول إنّ بداية الانحطاط كانت مع تدمير هولاكو لمدينة بغداد؟

وكما اقترح صليبا سردا بديلا لتفسير بداية التراث العلمي الإسلامي، فإنه يختم كتابه باقتراح تفسير لمسألة النهاية. كان لاكتشاف العالم الجديد في نهاية القرن الخامس عشر تأثير كبير على العالم بأسره. فهذا الاكتشاف لم يعطل فقط طرق التجارة الأوروبية-الآسيوية، التي كانت تجذب الثروة التجارية إلى الأراضي الإسلامية طوال قرون، بل جلب أيضا مواد أولية جديدة إلى البلدان الأوروبية. ففي القرن السادس عشر نتيجة الاكتشاف للعالم الجديد، بدأ تحول التجارة الأوروبية باتجاه الغرب مع محاولات النفاذ إلى المواد الطبيعية الأولية، إضافة إلى تجارة الرقيق، التي بدأت في العالم الجديد أولا ثم في إفريقيا لاحقا. كل هذه الأحداث أثّرت سلبا على العالم الإسلامي.

وفي القسم الأول من القرن السابع عشر، شهدت أوروبا، مستفيدةً من تعاظم ثرواتها التجارية، ظهورَ أكاديميات علمية عدة، في ظاهرةٍ لم تعرفها الحضارة الإسلامية. ففي عام 1603 عرفت روما تأسيس أول أكاديمية أوروبية، أكاديمية لينتشي (Lincei) التي كان غاليليو (Galileo) عضوا فيها، لتتبعها أكاديمية المجمع الملكي في إنكلترا (1662) ثم أكاديمية العلوم الفرنسية (1666). يبدو أنّ هدف هذه الأكاديميات كان جمع أكبر عدد من الرجال المثقفين في ذلك الزمن وتحريرهم من المشاكل المادية. وساهمت هذه الأكاديميات في خلق محيط من التنافس العلمي بين هذه النخب.

يعتقد صليبا "أن معظم التطورات العلمية والأكثر أهمية التي حدثت في أوروبا خلال القرنين السادس عشر والسابع عشر، كانت من نتاج هذه الدورة الحيوية للثروة الناتجة بشكل مباشر عن اكتشاف العالم الجديد. وهذه الثورة أدت إلى المزيد من الإنتاج العلمي، والإنتاج العلمي أدى بدوره إلى اكتساب المزيد من الثورة وهكذا دواليك. ويبدو أنّ هذا النمط بدأ آنذاك. ويستطيع الذين ينظرون إلى العلاقة الوثيقة بين المؤسسات التجارية الحديثة وإنتاج العلم الحديث، أن يلاحظوا الخصائص الأساسية لهذه الدورة العضوية التي لا تزال قائمة."

مؤلف الكتاب جورج صليبا