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 11 : جويلية 2024

فهرس العدد 11	
تربية وتعليمية	
لماذا التفكير الإبداعي والتفكير النقدي معا؟ (1)	مصطفى عشوي
التدريب الميداني للطالب الأستاذ في المؤسسات التربوية ، كمثال الأُنموذج الألماني :(1) التدريب الميداني وأهدافه في أدبيات التربية والتعليمية	مهدي بن بتقة
دراسة في ملمح نهاية الطور الابتدائي بالمدرسة الجزائرية :تقويم مكتسبات التربية العلمية والتكنولوجية - البعد التكنولوجي أنموذجا الجزء الثاني: منهجية المعالجة البيداغوجية	الطيب زاوي
مشكلات الإنشاء في الهندسة: منهجية التحليل والتركيب	محمد شطيطح
رياضيات ومعلوماتية	
شريط موبيوس	حمزة خليف
لوحة مفاتيح عربية مثالية	عبد المالك بوحجرة
طبيعة	
الطين: تاريخه وبعض تطبيقاته(3) الطين صحة وغذاء -الجزء 2	محمد خوجة وآخرون
الفلّين، مادة إيكولوجية ذات خصائص تكنولوجية متميزة	يونس سعد الله
تاريخ العلوم	
من خلال عدسة الإسلام : تاريخ ما قبل اكتشاف النظارات، على ضوء المصادر العربية (5)	فريد بن فغول
مصادر ومحتوى وإسهامات الرياضيات العربية قبل القرن6 ه/12م (4) المصادر اليونانية (نظرية الأعداد) - الإسهامات الأصيلة للرياضيات العربية	وسيلة غرابة
المؤتمن بن هود (ت1085 .م).. ملك ورياضياتي	محمد مرابط
الرياضيات بجامعة الجزائر غداة 1962: مخاض عسير (3)	عمار القلي ومارتن زرنير
لمحة تاريخية حول نظرية التوزيعات وفضاءات سوبولاف	عبد الرشيد سعدي
شخصية العدد	
الأستاذ الشريف مريبعي، رئيس المجمع الجزائري للغة العربية	تقديم: أبو بكر خالد سعد الله
عرض كتاب	
كتاب التوافقيات: جولة إرشادية Combinatorics: A guide Tour	تأليف: ديفيد ر. مازور David R. Mazur عرض: أبو بكر خالد سعد الله

كلمة العدد 11

-نمضي قُدمًا في تزويد قراء مجلة **بشائر العلوم** الفصلية بمادة علمية وتعليمية رصينة وثرية نحاول من خلالها التطرق إلى طيف واسع من المواضيع ذات الصلة بالتعليم وبالثقافة العلمية الهادفة إلى خدمة الطالب والأستاذ معا. وما يثبت أننا، بهذا التوجّه، على الطريق الصحيح هو أن عدد زوار موقع المجلة الإلكتروني ناهز 52 ألف زائر خلال فترة لا تزيد عن 9 أشهر.

وفي هذا السياق، يقدم هذا العدد ضمن محور التربية والتعليمية الجزء الأول من مقال يتساءل عن التفكير الإبداعي والتفكير النقدي. ثم يستعرض النموذج الألماني في التدريب الميداني للطالب الأستاذ في المؤسسات التربوية بالتركيز على أهدافه في أدبيات التربية والتعليمية. كما نواصل في هذا العدد تقديم دراسة تُعنى بملمح نهاية الطور الابتدائي في المدرسة الجزائرية، وتقيّم مكتسبات التربية العلمية والتكنولوجية. وهي دراسة تتناول في جزئها الثاني والأخير منهجية المعالجة البيداغوجية. ولم نغادر مجال التعليمية دون الحديث عن الرياضيات ومنهجية التحليل والتركيب في حلّ مشكلات الإنشاء ات الهندسية.

أما المحور الثاني الخاص بالرياضيات والمعلوماتية فيعرّف القارئ بشريط موبيوس الشهير بخواصه المثيرة. ويواصل بمقال في المعلوماتية يدعو إلى تبني لوحة مفاتيح عربية مثاليّة عند استعمال حاسوبنا. وهو موضوع جدير بكل اهتمام. وفي محور الطبيعة تابعنا الحديث عن الطين وفوائده في مجال الصحة والغذاء. ويفيدنا موضوع آخر بمعلومات عن الفلّين تشرح كيف أنه يُعدّ مادة إيكولوجية ذات خصائص تكنولوجية مثيرة.

ومن المواضيع التي يهتم بها جمهور القراء كثيرا موضوع تاريخ العلوم. ولذا خصصنا في هذا العدد 5 مقالات لهذا المجال. وهكذا، يواصل المقال الأول في هذا المحور تناول تاريخ ما قبل اكتشاف النظارات

على ضوء المصادر العربية. ثم يستعرض مقال آخر مصادر وإسهامات الرياضيات العربية قبل القرن 6ه/12م مركزا على الإسهامات الأصيلة في موضوع الأعداد. ومن الأندلس، نعرّف بالملك المهندس المؤتمن بن هود (ت. 1085م). ولم نهمل في هذا السياق التاريخي العصر الحديث من تاريخ العلوم، فختمنا حديثنا الذي بدأناه قبل 6 أشهر حول حال الرياضيات بجامعة الجزائر غداة 1962. كما يجد القارئ في آخر هذا المحور لمحة تاريخية حول نظرية التوزيعات وما يعرف بفضاءات سوبولاف في المعادلات التفاضلية الجزئية والتحليل الدالي.

وفي ركن "شخصية العدد" قدمنا الأستاذ الشريف مريبعي الذي شغل عدة مناصب تُعنى باللغة العربية وتطويرها، آخرها منصب رئيس المجمع الجزائري للغة العربية، وهي هيئة تسهر على ترقية لغة الضاد في جميع الاختصاصات، سيما العلمية منها. وكما جرت العادة، اخترنا لركن "عرض كتاب" كتابا عنوانه "كتاب التوافقيات: جولة إرشادية" لصاحبه ديفيد ر. مازور . ويغطي الكتاب، في أزيد من 400 صفحة، مواضيع تمس اختصاصات شتّى.

في الأخير، لن نملّ من تجديد دعوتنا للزملاء الكرام من داخل مؤسستنا وخارجها للتعاون مع مجلة **بشائر العلوم** لنشر الثقافة العلمية في صفوف الطلبة والأساتذة في جميع المراحل التعليمية. وبالله التوفيق.

هيئة التحرير

طاقم المجلة

- **المشرف العام**

مدير المدرسة : الطاهر بلال

- **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

تربية وتعليمية

لماذا التفكير الإبداعي والتفكير النقدي معا؟ (1)

مصطفى عشوي
أستاذ علم النفس في جامعة الجزائر سابقا
amusta2009@gmail.com

1. مقدمة

بعد جهود الفلاسفة في دراسة العقل والوعي والشعور والتفكير وأنماطه، أصبح علماء النفس وخبراء التربية يهتمون بالفكر والتفكير وارتباطهما باللغة والتعليم والتعلم. ومن بين الدراسات الرائدة في هذا المجال دراسات بياجي (Piaget)، وتشومسكي (Chomsky).

ونظرًا لاهتمام علماء النفس والتربية بتطوير التفكير بصفة عامة وأنماط التفكير الإبداعي والتفكير النقدي بصفة خاصة، فقد أصبح الاهتمام في العقود الأخيرة منصبًّا على دراسة كيفية تطوير هذه الأنماط في مراحل التعليم والتعلم المختلفة وخاصة في إطار النظام التربوي الرسمي (الروضة والمدرسة والثانوية والجامعة).

وعليه، فقد بدأت المدارس والجامعات تُعلّم الأطفال والطلاب أنماطًا متطورة من التفكير بهدف إعدادهم للحياة المهنية إعدادًا يتسم بالكفاءة والفاعلية. وفي هذا الإطار، فإننا نلاحظ أنّ بعض الجامعات قد بدأت تدرّس للطلاب مقررات تتعلق بالإبداع والحل الإبداعي للمشكلات، مثل الجامعة الإسلامية العالمية بماليزيا. بينما عمدت مدارس وجامعات أخرى، كما ذكر ذلك كل من سوارتز (Swartz) وَفيشر (Fisher) وَباركس (Parks) [24]، إلى دمج أنماط التفكير المختلفة ضمن مقررات الاختصاص نفسها أو أنشطة تعليمية مختلفة.

ويُعتبر موضوع دمج أنماط التفكير المختلفة، ومن بينها التفكير النقدي، من ضمن متطلبات الاعتماد الأكاديمي لبعض هيئات الاعتماد مثل الهيئة الأمريكية لاعتماد برامج إدارة الأعمال (AACSB)، عندما تتقدم جامعة ما للحصول على الاعتماد من هذه الهيئة، كما كان الشأن بالنسبة لجامعة الملك فهد للبترول والمعادن، وغيرها من الجامعات التي حصلت على هذا الاعتماد.

ونحن إذ نؤكد على ضرورة إدماج هذه المهارات في المقررات والبرامج الأكاديمية المختلفة، وفي الأنشطة اللاصفية أيضا، فإننا لا نرى، في حدود علمنا، دراسات كثيرة وخاصة في البلدان العربية خاصة بتبيان العلاقة بين التفكير الإبداعي والتفكير النقدي، سواء كان ذلك من الناحية الفسيولوجية أم من الناحية التربوية (التعليم، التعلم). وهذا ما دفعنا لتقديم هذا المقال بهدف توجيه الباحثين إلى هذا الموضوع لأهميته من الناحية التربوية التطبيقية (التعليم والتعلم)، ومن ناحية البحث العلمي أيضا.

ونهدف في هذا المقال إلى:

1- تبيان أهمية الاهتمام بالدماغ الأيسر والدماغ الأيمن معًا، أثناء عمليات التعلم والتعليم، باعتبار أنّ الأول هو المركز الأساسي للتفكير النقدي والتحليلي، واعتبار الثاني المركز الأساسي للعمليات الإبداعية.

2- تبيان أهمية تصميم البرامج الدراسية بمقرراتها وأنشطتها المختلفة بشكل يحفز أساسًا الأقسام العلوية من الدماغ (اليمنى واليسرى) ولكنه لا يهمل الأقسام السفلى، والتنبيه إلى أهمية تصميم **برامج تدريبية** (تطبيقية) لتطوير قدرات ومهارات الإبداع والتفكير النقدي معًا.

3- التنبيه إلى ضرورة تكامل جهود المؤسسات المختلفة في العمل على إزالة عوائق التفكير النقدي والإبداع سواء كانت هذه العوائق على مستوى الأسرة أو المدرسة أو على مستوى المجتمع ككل أو على مستوى الفرد ذاته، وتشجيع البحث العلمي في هذا المجال.

4- الإشارة إلى ضرورة بناء القدرات والمهارات المتعلقة بالتفكير النقدي والإبداع في شكل **تكاملي** في جميع مراحل التعليم الرسمية وغير الرسمية (الأسرة، الروضة، المدرسة، الثانوية، الجامعة).

2. ما هي مهارات التفكير النقدي والتفكير الإبداعي؟

عُرّف التفكير النقدي من قِبَل هيئة المنظرين الأمريكيين والكنديين على أنه: "عملية هادفة أو ذات معنى وحكم منظم ذاتيا". كما اعتبروا التفكير الناقد بمثابة "القاطرة المعرفية التي تقود عمليات حل المشكلة واتخاذ القرار" [5].

قد تُعتبر مراجعة بيير (Beyer) [13] للدراسات السابقة من المراجعات الشاملة التي تناولت موضوع التفكير وطرق تطويره؛ وذلك في كتابه "استراتيجيات تطبيقية لتطوير التفكير" (باللغة الإنكليزية). ومن أهم مهارات التفكير النقدي التي أوردها ما يلي:

1- التمييز بين المعطيات القابلة للفحص والادعاءات القيمية؛

2- التمييز بين المعلومات والحقائق والادعاءات ذات الصلة بالموضوع وتلك التي لا تمّت بصلة للموضوع؛

3- تحديد مدى دقة معطيات العبارات و(الحجج)؛

4- تحديد مدى موثوقية المصدر (صدق المصدر ومدى الثقة فيه)؛

5- تحديد غموض الحجج والمعطيات؛

6- تحديد الافتراضات (الخفية) التي لم يصرح بها؛

7- اكتشاف التحيز؛

8- تحديد المغالطات المنطقية؛

9- التعرف على التناقضات المنطقية في عمليات الاستدلال؛

10- تحديد مدى قوة حجة أو ادعاء ما.

وفي سنة 1999، صَنّف سوارتز وَفيشر وَباركس [24] مهارات التفكير في ثلاث فئات وهي:

- **مهارات توليد الأفكار**: وتتعلق بمهارات التفكير الإبداعي؛ وتتضمن مهارات الإتيان بأفكار جديدة، وتطوير قدرة التخيّل.
- **مهارات توضيح الأفكار**: وتتعلق بمهارات التحليل، وبتحسين القدرة على الفهم، والقدرة على استعمال المعلومات.
- **مهارات عقلانية الأفكار**: وتتعلق بعملية تقويم مدى عقلانية الأفكار المطروحة؛ وهو ما يسمى بالتفكير النقدي.

ويُعتبر فاسيون (Facione) [16] من الذين اهتموا بموضوع تطوير التفكير عامة والتفكير النقدي بصفة خاصة، ومِنَ الذين اشتغلوا لتحديد القدرات والمهارات المرتبطة بالتفكير النقدي، وتبيان أهمية التفكير النقدي في حل المشكلات، ووضع اختبار "كاليفورنيا لمهارات التفكير النقدي". ويقيس هذا الاختبار القدرات التالية:

- التفسير،
- التحليل،
- التقويم،
- الاستدلال،

- الضبط الذاتي.

تُرجم مقياس "كاليفورنيا لمهارات التفكير النقدي" إلى عدة لغات من بينها اللغة العربية. ويمكن الرجوع إلى ترجمة عجوة والبنا [5] لمعرفة محاور هذا الاختبار بالتفصيل وتحديد معاني هذه القدرات، علمًا بأن لهذا الاختبار عدة أوجه، كما أن له عدة ترجمات للغة العربية. وهذه الترجمات مقننة على البيئات العراقية واللبنانية والفلسطينية والأردنية والمصرية.

وينقص هذه الترجمات وعمليات التقنين التي أجريت، أن تُقدّم ترجمة موحدة على مستوى البلدان العربية، وأن تقام دراسات مقارنة بين هذه البلدان في مجال التفكير النقدي خاصة في المستويات الجامعية. وهذا ما ننوي القيام به في بحث ميداني إقليمي مقارن.

وفي سنة 2011، ومن خلال مراجعة الدراسات السابقة، قدّم توماس (Thomas) [25] قائمة تشتمل على مهارات أساسية لتطوير قدرات ومهارات التفكير العليا، وبالأخص مهارات التفكير النقدي لدى الطلاب. وهذه المهارات هي:

1- اعتبار وتقويم وجهات النظر المختلفة؛
2- التفتح الذهني؛
3- تطوير الحجة المنطقية مع تقديم دليل مناسب؛
4- اكتشاف نقاط الضعف أو نقاط القوة في حجة ما؛
5- اكتشاف الطلاب للتحيّز الذي قد يوجد عندهم أو عند غيرهم؛
6- تحديد الأولويات؛
7- تحليل جودة المصادر؛
8- القيام بعملية تركيب بالاعتماد على مصادر عديدة؛
9- الاستنباط: الاستدلال من الكل للجزء (من العام للخاص)؛
10- الاستقراء: الاستدلال من الجزء للكل (من الخاص للعام)؛
11- حل المشكلات؛
12- تطوير معايير للتقويم؛
13- تقويم قراراتهم؛
14- تقويم أعمالهم وأعمال الآخرين؛
15- إصدار أحكام متأنية وتأملية؛
16- الانضباط الذاتي.

وأكد كل من باولي (Powley) وتايلور (Taylor) [22] أنّ التفكير الناقد يقوم أساسًا على التعلم وعلى تحدي الحلول القائمة، والعمل على استنتاج حلول جديدة. وأكدًا أنّ هناك اتفاقًا بين الباحثين على أنّ التفكير الناقد في الوسط الجامعي يتضمن قدرة الطلاب على تحديد القضايا والافتراضات ومعرفة العلاقات الهامة، والقيام باستنتاجات صحيحة، وتقويم الدليل أو السلطة واستنباط خلاصات.

وقد أشار عطية [7] أنّ التفكير الناقد يُكسب الطالبَ القدرةَ على التعليل وربط العلل بأسبابها، كما يكسبه القدرةَ على التمييز بين الحقائق والآراء والمعلومات والادعاءات والبراهين والحجج الواهية.

ويوسع بعض الباحثين مثل سميث (Smith) [23] مفهوم التفكير النقدي ليشمل كل العلميات المعرفية التي أكد عليها بلوم (Bloom) وآخرون في تصنيفٍ لهم للقدرات العقلية، وللأهداف التربوية سنة 1956 [14] وهي:

- المعرفة،
- الفهم،
- التطبيق،
- التحليل،
- التركيب،
- التقويم.

علمًا بأنّ هذا التصنيف قد تمت مراجعته من طرف عدة باحثين مثل أندرسون (Anderson) وآخرون سنة 2001 [11]، وقد أضيفَ "الإبداع" إلى هذا التصنيف.

ويعرّف أ. لومسدين (E. Lumsdaine) وَ م. لومسدين (M. Lumsdaine) الإبداعَ بأنه "لعب مع الخيال والاحتمالات، والقيام بارتباطات مفيدة (ذات معنى) عند التفاعل مع الأفكار والأشخاص والمحيط أو البيئة" [19]. ويرى هذان الباحثان أنه ولحل مشكلة ما بطريقة جيدة، ينبغي استعمال التفكير التحليلي والإبداعي والنقدي بترتيب ملائم.

أما جروان [4] فقد أكد أنّ التفكير الإبداعي هو أحد أشكال التفكير المركب إلى جانب التفكير الناقد والتفكير فوق المعرفي. كما أشار إلى أنّ "التفكير الإبداعي لا يحدث بمعزل عن عمليات التفكير الناقد والتفكير فوق المعرفي؛ وذلك لأن التفكير الإبداعي يتطلب سلسلة من عمليات التفكير التي تتضمن التخطيط والمراقبة والنقد والتقييم والتنبؤ وغيرها".

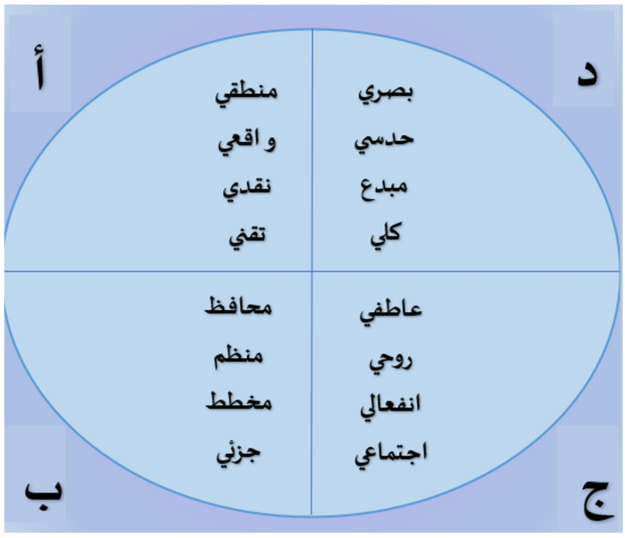
وتتمثل المشكلة الأساسية المطروحة في مجال تطوير التفكير النقدي والتفكير الإبداعي أنّ المعلمين والأساتذة حتى في المراحل الجامعية ليسوا مدربين على كيفية تطوير التفكير بصفة عامة والتفكير النقدي بصفة خاصة، بل ولا يدركون المعنى الدقيق لهذه المفاهيم. لقد وجد كل من بول (Paul) وَإلدر (Elder) وَبارتل (Bartell) [21] في دراسة ميدانية أجروها في كاليفورنيا سنة 1997 أنّ 89% من الأكاديميين يعتقدون أنّ التفكير النقدي هو الهدف الأول للمقررات التي يدرسونها. ولكن لم يتمكن من تعريف مفهوم "التفكير النقدي" إلا نسبة 19% منهم، و9% منهم فقط يدرّسون التفكير النقدي فعلا.

ولعل هذه النتيجة مخيبة للآمال خاصة في بلد مثل الولايات المتحدة التي اتخذت على عاتقها تطوير التفكير النقدي في جميع مراحل التعليم منذ الثمانينات. وإذا كان هذا الوضع في بلد مثل الولايات المتحدة فلنا أن نتصور مدى قصور النظم التربوية وخاصة في البلدان العربية في هذا المجال، حيث تبين الملاحظات الميدانية أنّ نزعة الحفظ هي السائدة في ممارسة التعلم، وأنّ الاختبارات السائدة لتقويم التعلم اختباراتٌ تقوم على اختبار ذاكرة الطلاب قصيرة المدى.

ولمعرفة توزيع القدرات والمهارات المتعلقة بالإبداع والتفكير النقدي في الدماغ نشير إلى أنّ روجر اسبيري (Roger Sperry) الذي نال سنة 1981 جائزة نوبل في وظائف الدماغ (فسيولوجية الدماغ)، بيّن أنّ الجانب الأيسر من الدماغ يختص بالقدرات الرياضية واللغوية بينما يختص الجانب الأيمن من الدماغ بالتفكير الكلي والإبداع والتخيل وفهم الفضاءات [19].

وفي سنة 1986، لاحظ نيد هيرمان (Ned Hermann) أنّ الدماغ عضو متخصص؛ حيث لاحظ أنّ نصفي الدماغ لا يُستعملان بنفس الطريقة وبنفس التكرار عند معظم الأشخاص. ولاحظ أيضا أنّ هناك سيطرة إما للنصف الأيمن أو للنصف الأيسر من الدماغ، وأنّ هذه السيطرة تؤثر على معظم الأشخاص عندما يريدون تعلم شيء جديد أو

حل مشكلة ما. ولذا قام بتقسيم الدماغ إلى أربعة أقسام (أ، ب، د، ج) بدلًا من قسمين. كما صاغ مفهوم "الدماغ الكلي"؛ حيث يشتمل كل قسم على قدرات تفكير موزعة حسب الشكل 1 الذي يبين توزيع القدرات حسب الدماغ الأيمن والأيسر، وحسب الدماغ العلوي والدماغ السفلي، وحسب كل ربع من أرباع الدماغ [19].



الشكل 1. التقسيم الرباعي المقترح من قبل هيرمان

وجد هيرمان من خلال دراسة ميدانية شملت عينات حجمها نصف مليون شخص، أنّ توزيع الأفراد في المجتمع حسب سيادة أو سيطرة الأجزاء الأربعة للدماغ كالآتي:

- 7% من الأفراد يهيمن أو يسيطر عليهم ربع واحد فقط من الدماغ.
- 60% من الأفراد يسيطر عليهم ربعان من الدماغ.
- 30% من الأفراد تسيطر عليهم ثلاثة أرباع الدماغ.
- 3% من الأفراد فقط يستعملون كل مناطق الدماغ (الدماغ الكلي).

ويتبين من توزيع القدرات العقلية في الدماغ أنّ القدرات العقلية المتعلقة بالتفكير النقدي تتركز في الجانب العلوي الأيسر، بينما تتركز القدرات العقلية المتعلقة بالتفكير الإبداعي في الجانب العلوي الأيمن.

ولتنمية وتطوير هذه الأقسام المختلفة للدماغ بهدف تحقيق استعمال "الدماغ الكلي"، قام هيرمان بتصميم حقائب تدريبية تعطى في دورة خاصة معتمدة. ويستفيد من هذه الدورة وتطبيقاتها شركات عالمية كبيرة ومؤسسات تربوية عديدة [19].

ومما يُستنتج من هذا التقسيم الرباعي أنّ الدماغ وخاصة القسم العلوي منه (أ، د) يحتوي على قدرات التفكير العليا، وأنّ الدماغ عضو معقد ومتشابك الأجزاء، ويشتغل بشكل تكاملي؛ وإن كانت هناك مراكز متخصصة للقدرات والمهارات الفكرية المختلفة مثل التفكير النقدي والتفكير الإبداعي [19].

خاتمة

نستنتج أنّ التفكير النقدي والتفكير الإبداعي هو مِنَ القدرات والمهارات الفكرية العليا التي يتميز بها الإنسان والتي تحتاج للتعلم والتعليم لتنمو وتتطور. ولذا يقوم الباحثون التربويون والنفسانيون بجهود لاكتشاف العلاقة بين

هذه القدرات والمهارات بهدف تنميتها وتوظيفها في إنتاج المعرفة العلمية وحل المشكلات المطروحة أو المتوقعة في شتى المجالات. أما علماء الفسيولوجيا وعلم النفس العصبي، فيدرسون وظائف المناطق المختلفة في الدماغ، وكيفية ارتباطها عصبيا، والنشاط الكهربائي وغيره، الذي يحدث أثناء القيام بعمليات التفكير المختلفة.

في الجزء الثاني من المقال، سنلقي بعض الضوء على العلاقة التي قد توجد بين التفكير النقدي والتفكير الإبداعي.

أصل هذا الموضوع محاضرةٌ أُلقيتْ في مؤتمر: "الإبداع والتفكير النقدي في التربية والتعليم"، مملكة البحرين، 22-23 أبريل 2015.

المراجع

[1] أبو بكر، عبد اللطيف عبد القادر، التفكير الناقد...كيف؟ ولماذا؟، مجلة المعرفة مجلة شهرية تصدر عن وزارة التربية والتعليم في المملكة العربية السعودية، العدد 198، 2011.

[2] السليتي، فراس محمود، التفكير الناقد والإبداعي: استراتيجية التعلم التعاوني في تدريس المطالعة والنصوص، عالم الكتب الحديث، عمان، 2006.

[3] بياجي، جان (1923)، اللغة والفكر عند الطفل، ترجمة عزت راجح، أمين مرسي قنديل، مكتبة النهضة المصرية، القاهرة، 2001.

[4] جروان، عبد الرحمن فتحي، الإبداع، دار الفكر للطباعة والنشر والتوزيع، عمان، 2002.

[5] عجوة، عبد العال حامد؛ البنا، عادل السعيد، اختبار كاليفورنيا لمهارات التفكير الناقد، المكتبة المصرية للنشر والتوزيع، الإسكندرية، 2000.

[6] عشوي، مصطفى؛ بوسنة، محمود؛ الخليفة، عمر هارون؛ بوحمامة، جيلالي؛ خليفة، بتول؛ سيد أحمد، رجب سليمان؛ عبد الباري، معن؛ هلال، هدى، عوائق الإبداع لدى طلبة الجامعات العربية: دراسة إقليمية. دراسات نفسية، المجلد العشرون، عدد 4، القاهرة، 2010.

[7] عطية، محسن علي، الجودة الشاملة والجديد في التدريس، دار صفاء للنشر والتوزيع، عمان، 2009.

[8] مبارك، محمد حسين جمال، أنماط التعلم التفكير وعلاقتها بالتفكير الناقد لدى طلبة الصف العاشر بدولة الإمارات العربية المتحدة، رسالة ماجستير غير منشورة، جامعة عمان العربية، كلية العلوم التربوية والنفسية (2010-2009).

[9] مرعي، توفيق؛ نوفل، محمد بكر، مستوى مهارات التفكير الناقد لدى طلبة كلية العلوم التربوية الجامعية (الأونروا)، المنارة، المجلد 13، العدد 4، 2007.

[10] نبهان، سعد سعيد، برنامج مقترح لتنمية التفكير الناقد في الرياضيات لدى طلبة الصف التاسع بمحافظة غزة، رسالة دكتوراه، جامعة عين شمس، كلية التربية وجامعة الأقصى، كلية التربية، فلسطين، 2001.

[11] Anderson, L. W. & Krathwohl, D. R., eds., A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives, Allyn and Bacon, 2001.

[12] Baker, M. & Rudd, R. C., Relationships between Critical and Creative Thinking, Journal of Southern Agricultural Education Research , 51(1), 2001, 173-188.

[13] Beyer, B.K., Practical strategies for the teaching of thinking, Allyn and Bacon, Inc., Boston MA, 1987.
[14] Bloom, B. S., Englehart, M. D., Furst, E. J., Hill, W. H., & Krathwohl, D. R., Taxonomy of educational objectives, The classification of educational goals, Handbook 1: Cognitive domain, Longmans, New York, 1956.
[15] Chomsky, N., New Horizons in the Study of Language and Mind, Cambridge University Press, Cambridge, 2000.
[16] Facione, P.A., Critical thinking: what it is and why it counts, 2010 update. Insight Assessment. [Online] 2010.
[17] Fisher, R., Creative minds: Building communities of learning in the creative age, Paper presented at the Teaching Qualities Initiative Conference, Hong Kong.
[18] Forrester, J. C., Thinking Creatively; Thinking critically, Canadian Center of Science and Education, 2008. http://dx.doi.org/10.5539/ass.v4n5p100
[19] Lumsdaine, E. & Lumsdaine, M., Creative Problem Solving. McGraw-Hill, Inc., New York, 1998.
[20] Meyers, C., Teaching Students to Think Critically, Jossey-Bass, San Francisco, 1986.
[21] Paul, R., Elder, L. & Bartell, T., California teacher preparation for instruction in critical thinking: Research findings and policy recommendations, The Foundation for Critical Thinking, Dillon Beach, CA, 1997.
[22] Powley, E. H. & Taylor, S. N., Pedagogical Approaches to Develop Critical Thinking and Crisis Leadership, Journal of Management Education, 38(4), 2014, 560–585.
[23] Smith, G. F., Assessing Business Student Thinking Skills, Journal of Management Education, 38(3), 2014, 384–411.
[24] Swartz, R., Fisher, S., & Parks, S., Infusing the teaching of critical and creative thinking into secondary science, Critical Thinking Company, Pacific Grove, CA, 1999.
[25] Thomas, T., Developing First Year Students' Critical Thinking Skills, Asian Social Science, 7(4), 2011, 26-35.

التدريب الميداني للطالب الأستاذ في المؤسسات التربوية
كمثال الأُنموذج الألماني (1):
التدريب الميداني وأهدافه في أدبيات التربية والتعليمية

مهدي بن بتقة
أستاذ بقسم الفيزياء، المدرسة العليا للأساتذة، القبة
ben.betkamahdi@yahoo.fr

1. نبذة تاريخية عن تأسيس المدارس العليا لتكوين الأساتذة

شرعت الكثير من الحكومات في تأسيس المعاهد لإعداد وتأهيل المعلمين والأساتذة، بعد تدخّل الدولة في الإشراف على النظام التعليمي وتمويله، لكي تضع مختلف الشروط لتعيينهم وتوظيفهم في قطاع التربية. وقد سبقت ألمانيا الدول الأوروبية الأخرى، حيث تُعدّ من أولى الدول التي فتحت عددًا من المدارس العليا للمعلمين والأساتذة (Pädagogische Hochschulen)التي كُلّفت بمهمة إعداد المعلمين والأساتذة وتأهيلهم.

أما في فرنسا فقد أُنشأت عام 1810 المدارس العليا للأساتذة (Les Ecoles Normales Supérieures) لتأهيل المعلمين والمكلفين بالتدريس. بدأ نظام التعليم السائد في المدارس العليا للأساتذة ينتشر في المدارس العامة منذ عام 1833. لقد انتشرت تلك المدارس العليا للأساتذة في بقية الدول الأوروبية وكذلك في الولايات المتحدة الأمريكية خلال القرن التاسع عشر. إلا أن حركة إعداد المعلمين في تلك الفترة كانت بسيطة ومحدودة التأثير، حيث أن مدارس تكوين المعلمين كانت في مستوى لا يختلف عن مستوى المدرسة التي أُنشئت في البداية، والتي ارتبطت بها عضويا حيث تأخذ منها طلبتها وإليها تعيدهم مُدرّسين عاملين. ولكن مع مرور الوقت، خاصة في منتصف القرن العشرين، بدأت الدول الأوروبية والولايات المتحدة الأمريكية تصدر مختلف القوانين للرفع من مستوى إعداد معلم التعليم الابتدائي إلى مستوى الإعداد الجامعي.

لقد اتضح ذلك جليًا في إنجلترا، حيث صدر سنة 1944 قانون بتلر والذي رفع من مستوى إعداد المعلم الابتدائي إلى المستوى الجامعي، حيث لا يكون هناك فرق في الدرجة بين المعلمين في التعليم العام سواء كانوا في الطور الابتدائي أو الثانوي. أما في الولايات المتحدة الأمريكية، فقد تحولت المدارس العليا للأساتذة إلى كليات للمعلمين وكليات لعلوم التربية، كما هو الشأن في بعض الدول العربية التي يتم فيها تكوين المعلمين في كليات التربية. أما بالنسبة لأساتذة التعليم الثانوي، فيتم تكوينهم في الجامعة في جميع التخصصات، ويتم توظيفهم بشرط حصولهم على شهادة الليسانس الجامعية، إما عن طريق الامتحان أو بعد تلقيهم تكوينًا تربويًا بانتمائهم إلى كلية التربية لفترة زمنية محددة، كما هو الحال مثلا في الأردن.

أما بالنسبة للجزائر، فقد تأسست أول مدرسة عليا بالقبة في الجزائر العاصمة عام 1964، بموجب المرسوم رقم 13464 الصادر بتاريخ 24 أفريل 1964. وهي مؤسسة جامعية تقع تحت وصاية التعليم العالي، وتضطلع بمهمة تكوين أساتذة التعليم الثانوي، لأن التعليم العالي يومها كان تابعًا لوزارة التربية والتعليم. ويتم الالتحاق بالمدرسة عن

طريق عقدٍ يُبرم بين الطالب الأستاذ وإدارة المدرسة. وكان الطالب الأستاذ يُعتبر، وفق شروط الالتحاق، موظفًا متدربًا يتقاضى مرتبًا مسبقًا (présalaire).

وجدير بالملاحظة أن المدرسة العليا للأساتذة لم يكن لديها في هذه المرحلة كليات في التخصصات المختلفة يتابع فيها الطلبة الأساتذة دروسهم، وإنما كان الانتماء إليها إداريا فقط. لهذا كان هؤلاء الطلبة الأساتذة يتلقون المعارف في مادة التخصص في الكليات المختلفة التابعة لجامعة الجزائر، والتي لها علاقة بالمواد التعليمية المقررة في منهاج مرحلة التعليم الثانوي وفق متطلبات المنظومة التربوية الجزائرية، مثل كلية الآداب وكلية العلوم. تُقدّم الجامعة رصيدًا معرفيًا متنوعًا وغنيًا في تخصص معين، يمكّن الطالب الأستاذ في مادة دراسية معينة من الالتحاق بمهنة التعليم ليس في مرحلة التعليم الثانوي فحسب، بل حتى في مرحلتي التعليم المتوسط والتعليم الابتدائي، في ضوء البحث عن أفضل الطرق لحل مشكلة تكوين الأساتذة بالجزائر. بالنسبة لأساتذة التعليم الثانوي آنذاك فقد كان يتم توظيفهم بشرط حصولهم على شهادة الليسانس الجامعية أو من بين الطلاب الذين تكوّنوا على مستوى المدارس العليا للأساتذة، بناءً على عقد مبرم بين الوزارتين، وزارة التعليم العالي والبحث العلمي ووزارة التربية الوطنية.

2. علاقة التعليمية بعملية تكوين الأساتذة

نريد في البداية الإشارة إلى أهم معاني التعليمية المتعلقة بعملية تكوين الأساتذة بصفة عامة. حسب مارتان بادر (Martin Bader) "تهتم التعليمية بنتائج ممارسة التعليم باستمرار ونتائج التعلم، كما تهدف إلى تطوير وتحسين هذه الممارسات في الميدان المهني المدرسي، ومن هنا يكون للتعليمية مجالات متنوعة تعمل بالضرورة في إطارها المحدد" [8]. كما يؤكد مارتينو (Martinand) هذا التوجه، كما ذكر لبوم (Lebaume)، حيث يقول إن "التعليمية كمجال للتكوين، تهتم بثلاث علاقات أساسية: العلاقة مع ممارسة التدريس، والعلاقة مع معايير التربية، والعلاقة مع البحث والابتكار" [9].

يظهر من هذه المعاني، أنه لا ينبغي أن نأخذ بعين الاعتبار، التعليم كطريقة إلى الدرس الجيد فقط، بل ينبغي أيضا أن نهتم بالتعلّم والتلاميذ وانشغالاتهم وتساؤلاتهم ومكتسباتهم القبلية، أي ممارسة عملية التعليم التعلم. وهذا لا يتأتى إلا باهتمامنا بعملية التدريب الميداني في المؤسسات التربوية.

لا بد من الإشارة هنا أيضا، إلى أن المصطلح الذي كان سائدًا في كليات علوم التربية وفي بعض مؤسسات التكوين التربوي للدلالة على التعليمية، هو "التربية الخاصة"، التي كانت تهتم بالتربية في مادة التخصص. كما كان يستعمل أيضا مصطلح "منهجية المادة" في المعاهد التكنولوجية للتربية في الجزائر في ثمانينيات القرن الماضي، للدلالة على تخصص التعليمية، وكانت تتضمن البحث في المسائل التي يطرحها تعليم مختلف المواد الدراسية المقررة. من هنا جاءت تسمية التربية الخاصة أي خاصة بتعليم المواد الدراسية، مثل التربية الخاصة بالرياضيات أو التربية الخاصة بالفلسفة، في مقابل التربية العامة والتي تهتم بمختلف القضايا التربوية في القسم، بل وفي النظام التربوي برمته، مهما كانت المادة المدّرسة. يمكن التركيز على استعراض بعض المعاني، التي تندرج في الاتجاه الذي ينظر إلى التعليمية باعتبارها إما صفة ننعت بها النشاط التعليمي للمعلم، أو شق من التربية، أو تطبيق لها.

3. معاني التدريب الميداني

يُعدّ التدريب المهني جزءًا من عملية التكوين التعليمي المنهجي للطلبة الأساتذة بالمدارس العليا للأساتذة، في إطار تعاون مهني، أي شبه عقد مهني ، بين جامعات إعداد المعلمين والمدارس العليا والمجال المهني المدرسي. ومع عمليات التكوين في التعليم العالي، يتم توسيع الحضور المؤقت للطلبة الأساتذة في إطار المعلمين المحتملين في المدارس بمختلف أطوارها في المستقبل. ومن أجل توظيف كل الظروف الجديدة التي تم إنشاؤها في التدريب المهني العملي، يجب تعزيز التحالف المهني،

الذي يجب أن يعكس التعاون في إطار الهيكل التنظيمي بين الأطراف المعنية بهذا التدريب: المدارس العليا والطلبة الأساتذة والأساتذة المكونين، لكي يؤدي التدريب المهني العملي وظيفته كعنصر ذي صلة بمهنة التعليم في إطار احترام حدود النظام التربوي عامة. لذا يجب توضيح هياكل هذا التعاون وكذلك المتطلبات المتعلقة بأدوار ومهام المشاركين في هذه العملية من أساتذة المدرسة العليا والطلبة الأساتذة والأساتذة المكونين في المؤسسة التربوية.

لقد ورد في أدبيات التربية والتعليمية عدة معانٍ لمصطلح التدريب الميداني نلخصها فيما يلي:

- تُعرّفه نعيمة عمر الدرعان بأنه "التطبيق العملي للحصيلة العلمية التخصصية والتربوية التي اكتسبها الطلبة من سنوات الإعداد النظري في كلية التربية، والذي يخضع لتقييم المشرفين الأكاديميين من الجامعة لقياس المهارات العلمية والمهنية والشخصية" [3].
- وتُعرّف لولوة الجابر التدريبَ الميداني بأنه "العملية التي يتم من خلالها تدريب الطلبة على أصول التدريس في مدارس التعليم العام تحت إشراف مجموعة من التربويين" [1].
- يعرّف أحمد الرنتيسي التدريبَ الميداني على أنه: "العملية التي تتم من خلالها الممارسة الميدانية وتستخدم فيها أسسًا متعددة مستهدفة مساعدة الطالب على استيعاب المعارف وتزويده بالخبرات الميدانية وإكسابه المهارات الفنية، وتعديل سمات شخصيته بما يؤدي إلى نموه المهني عن طريق ربط النظرية بالتطبيق، من خلال الالتزام بمنهج تدريبي طبق في المؤسسات وبإشراف مهني" [4].
- وتُعرّف زينب جعفر التدريب الميداني بأنه: "مجمل النشاطات والخبرات التي تنظم في إطار برنامج تربية المعلمين وتستهدف مساعدة الطلاب المعلمين على اكتساب الكفايات المهنية والمسلكية التي يحتاجونها للنجاح في أداء مهامهم التعليمية" [2].
- يُعرّف ماهر أبو المعاطي التدريبَ الميداني بأنه: "مجموعة الخبرات التي تقدم في إطار إحدى المؤسسات في أحد مجالاته الممارسة بشكل واعٍ ومقصود، والتي تصمم لنقل الطلاب من المستوى المحدود من حيث المعرفة والفهم والمهارة والاتجاهات إلى مستويات أعلى تُمكنهم في المستقبل من ممارسة عملهم بعد التخرج بشكل مستقل وفعال" [5].

يتضح مما سبق، أن هذا يتطلب اهتمامًا ومشاركة فاعلة من جميع الأعضاء المشاركين لإنجاح العملية التدريبية؛ وبالنسبة للمدرسة العليا للأساتذة: قسم التربية، والأستاذ المشرف بالمدرسة، والمشرف بالمؤسسة التربوية والطالب الأستاذ المتدرِّب. ويعني هذا أن التخطيط الجيد من الجانب التعليمي المنهجي لهذا التدريب العملي والتنفيذ السليم له والتعاون البناء بين المدرسة العليا للأساتذة ومؤسسات التدريب يؤدي إلى نجاح المهمة.

كما تم التركيز على أن للتدريب الميداني في التعليم أهمية في إتقان الطالب الأستاذ لمهارات التدريس، الأمر الذي يقتضي تمكين الطالب من جميع المهارات التربوية التي تحتاجها مهنة التعليم. وبذلك يظهر جليا أن التدريب الميداني هو الميدان التربوي الذي تتضح فيه العلاقة بين كل من التعليم النظري والتعليم التطبيقي.

وحسب بلقاسم يخلف "التدريب الميداني فرصة فريدة ومرحلة هامة وأسلوب فعّال في مجال الربط بين التعليم النظري والتعليم التطبيقي؛ إنه طريقة لتأهيل الأستاذ وتحضيره للحياة العملية من أجل أداء أفضل لمهامه التدريسية. وهو إعداد مهني أو نشاط تعليمي وتدريبي مخطط يهدف إلى إكساب الطالب المعلومات والمهارات والاتجاهات المهنية اللازمة لتهيئته للحياة العملية، وذلك من خلال النشاطات المختلفة التي يقوم بها أثناء هذه الفترة من التكوين" [7].

أكد الباحث في نتائجه أن التدريب الميداني يساهم في معرفة الطالب الأستاذ مدى تمكّنه من التوظيف الفعلي للمعارف النظرية والتطبيق العملي للممارسات التعليمية التعلمية التي تلقاها بالمدرسة العليا للأساتذة، من المواد التعليمية المختلفة ومن عملية التكوين التعليمي المنهجي.

4. أهداف التدريب الميداني

أشارت العديد من الدراسات لأهداف التدريب الميداني في المجال التعليمي. ويمكن لنا تلخيص أبرز تلك الأهداف حسب ما ذكرت نعيمة عمر الدرعان، فيما يلي:

1- "تأهيل الطالب المتدرب تربويا ونفسيا لإكسابه المهارات اللازمة للقيام بمسؤولياته وأدواره المهنية المتعددة؛

2- تمكين الطالب من توظيف حصيلته العلمية التخصصية تطبيقيا؛

3- تمكين الطالب من إثراء معرفته النظرية من خلال تنمية مهاراته البحثية عند كل موقف تطبيقي يتعرض له؛

4- إكساب الطالب مهارات التدريس لتخصصه العلمي، بداية من التخطيط للدرس، وعرضه، وطرق (طرائق) واستراتيجيات التدريس، وأساليب التقييم والتقويم؛

5- تدريب الطالب على اكتساب المهارات الشخصية، مثل التقويم الذاتي، المبادرة والتعاون، والمرونة حل المشكلات والتفكير الناقد، والقدرة على التطور الشخصي ومن ثم تطوير البيئة التعليمية؛

6- يمّكن التدريب الميداني جميع الأطراف من تحديد مواطن الضعف والقوة في أدوارهم وأدواتهم. فالطالب يتعرف على قدراته ونقاط ضعفه، والمشرف أيضا يستطيع تحديد إيجابيات وسلبيات برنامج القسم العلمي بأكمله واستمارة التقييم وغيره، ومدراء المدارس يستطيعون مراجعة تقويم أدوات وإمكانات المدرسة المادية والبشرية لتطويرها" [3].

ينبغي أن تكون أهداف التدريب الميداني من الناحية العملية واضحة ومحددة بالنسبة لجميع الأطراف المعنيين به والمشاركين فيه: من المشرف التربوي (قسم التربية) إلى الطالب الأستاذ، وإلى الأستاذ الأكاديمي بالمدرسة العليا، وخاصة الأستاذ المشرف على دروس تعليمية مادة التخصص، وإلى الأستاذ المكوّن بالمؤسسة التربوية وإلى مدير هذه المؤسسة. كما ينبغي أيضا لهذه الأهداف أن تحقق المهارات العلمية المعرفية، التي تعني كفاءة الطالب الأستاذ في استدعاء المعرفة الصحيحة التخصصية أو التربوية في الوضعيات والمواقف المناسبة، وتوظيفها عمليا أثناء فترة التدريب، سواء كان ذلك في التدريب القصير المدى أي التدريب الأسبوعي، أو في التدريب المغلق كما يُسمّى أي في مدة 15 يوما، مثل: التخطيط للدرس وإنجازه في إطار حل المشكلات، والتوضيح، والوصف، والتفسير، وطرق التحفيز، واستخدام اللغة المناسبة، والمهارات المهنية، مثل: التواصل، والتعاون والعمل الجماعي، والالتزام بمتطلبات المنهاج في مادة التخصص، وإدارة الوقت في تسيير الدرس.

إن المشكلة الأساسية بالنسبة إلينا، تكمن في الكيفية التي تجرى بها التداريب الميدانية بالنسبة للطلبة الأساتذة حسب نظام التعليم بالمدارس العليا في الجزائر، ومدى ملاءمة هذه التداريب الميدانية مع التكوين بالمدارس العليا المتمثل، من جهة، في اكتساب المبادئ والنظريات العلمية والتربوية، مع تزويد هؤلاء الطلبة بالكفاءات التي يتطلبها التعليم في مراحله المختلفة، ودراستها وتطبيقها بشكل أدائي وعملي في المكان الحقيقي، المدرسة، من جهة أخرى.

5. المكونات المهنية لعملية التدريب

يمكن اعتبار فرص التعلّم بالتدريب، مثل، التدريب قصير المدى والتدريب طويل المدى على حد سواء، مهمة لتأهيل المعلمين. بالمقارنة مع التدريب طويل المدى، فإن التدريب قصير المدى ليس له في حد ذاته تأثير إيجابي على اكتساب الطلبة الأساتذة الكفاءات المهنية. والأهم في كلتا العمليتين، هو التكامل الهيكلي المستدام للتدريب بصفة عامة، في الملمح الدراسي للطالب الأستاذ، بالإضافة إلى التصميم النوعي لدعم التعلّم في المدارس العليا والجامعة. على الرغم من أنه لا يزال من الصعب تحديد "عوامل النجاح" على وجه التحديد للتدريب الفعال طويل المدى بسبب الحاجة الحالية

للبحث عن فعالية مراحل التدريب، إلا أنه يمكن تحديد عدد قليل من المكونات، التي تعمل على الأقل على تعزيز الكفاءات المهنية العملية للتدريب لدى الطلبة. هذه المكونات هي:

- التكامل الهيكلي للتدريب بمظهريه في ملمح الدراسة الذي يعزز التعلّم، حيث يكون من الضروري نقل المعرفة العلمية والتقنية والتعليمية والتربوية، وكذلك الإشارة إلى خبرات التعلم المهنية العملية.
- إقامة تعاون مع مدارس أو مؤسسات التدريب وخاصة في مرحلة التدريب الثانية، التدريب طويل المدى في شكل شراكات.
- توفير فرص تعليمية واسعة النطاق في دعم التعلم في الجامعات والمدارس العليا والمؤسسات التربوية للتفكير في الجوانب القائمة على المعرفة والخبرات العملية أثناء التدريب.
- تركيز التدريب الميداني على تطوير الكفاءات المتعلقة بالوظيفة في مجال الخبرة والتفكير، التي تعزز التعلم. يرتبط هذا الهدف ارتباطًا وثيقًا بالمتطلبات المهنية الحالية للمعلمين (الأساتذة) وتطورهم. لا ينبغي أن يضيع مثل هذا المنظور للتدريب طويل المدى في المناقشة حول التغييرات في تدريب المعلمين نتيجة مختلف الإصلاحات على مستوى المنظومة التربوية.
- التنسيق بين الكلية (المدرسة العليا) والمؤسسات التربوية في كل ما يخص عناصر التدريب والتقييم من خلال اجتماعات تحضيرية، وأخرى دورية لتجاوز أي مشكلة قد تواجه الطلبة أو المشرفين أو المدراء والمعلمين.
- متطلبات بشرية، مثل: المشرفين الأكاديميين المؤهلين للتقييم والمتمكنين من طرق التوجيه والتقويم، إضافة للعدد الكافي من المشرفين لكل عدد محدد من الطلبة المتدربين.
- ورشات خاصة بالتدريب على إنتاج الوسائل التعليمية في المدرسة العليا يستعين بها الطالب الأستاذ لتوفير احتياجاته من الوسائل أثناء فترة التدريب في المؤسسة التربوية.

(للبحث صلة)

المراجع

[1] الجابر، لولوة؛ حاج عمر، سوزان، تصور مقترح لتطوير الإشراف في التربية العملية في ضوء المعايير الوطنية لتعليم العلوم، دراسات عربية في التربية وعلم النفس، العدد 140، 2021، 249-270.

[2] جعفر، زينب، تقويم التربية العملية في كلية العلوم والدراسات الإنسانية بحوطة سدير من وجهة نظر الطالبات المعلمات: دراسة ميدانية لطالبات المستوى الثامن للعام الدراسي 2017، مجلة الدراسات والعلوم الإنسانية، 2017، 44-59.

[3] الدرعان، نعيمة عمر، المهارات التربوية لدي طلبة التدريب الميداني بكلية التربية في جامعة الجوف "الواقع وسبل التطوير"، المجلة العلمية لكلية التربية، جامعة أسيوط، 38(11)، 2022، 252-295.

[4] الرنتيسي، أحمد محمد، معوقات استفادة طلبة الخدمة الاجتماعية من التدريب الميداني في المؤسسات الاجتماعية من وجهة نظر الطلبة، مجلة جامعة القدس المفتوحة للبحوث الإنسانية والاجتماعية، المجلد الأول، العدد 46، رام الله، 2018، 87-102.

[5] ماهر أبو المعاطي، علي، المشروعات التدريبية وجودة التدريب الميداني لطالب الخدمة الاجتماعية، ورقة مقدمة في مؤتمر انعكاسات الأزمة المالية العالمية على سياسات الرعاية الاجتماعية، كلية الخدمة الاجتماعية، جامعة حلوان، حلوان، 2010.

[6] المرسوم رقم 13464الصادر بتاريخ 24 أفريل 1964، يتضمن إنشاء المدرسة العليا لتكوين أساتذة التعليم الثانوي، تحت وصاية التعليم العالي.

[7] يخلف، بلقاسم، التدريب الميداني ودوره في تكوين الطالب الأستاذ -بالمدرسة العليا للأساتذة قسنطينة. مجلة العلوم الإنسانية، العدد 28، المجلد أ، جامعة منتوري، قسنطينة، 2007، 41-64.

[8] Bader, M., Vergleichende Untersuchung eines neuen Lehrganges "Einführung in die mechanische Energie Und Wärmelehre", Dissertation der Fakultät für Physik der Ludwig-Maximilians-Universität, München Germany, 2001.

[9] Lebaume, J., Martinand, J. L. et Reuter, Y., Contenus, didactiques, disciplines, formation, Recherche et formation, 55, 2007, 107-117. https://journals.openedition.org/rechercheformation/908?lang=en

****

دراسة في ملمح نهاية الطور الابتدائي بالمدرسة الجزائرية:
تقويم مكتسبات التربية العلمية والتكنولوجية - البعد التكنولوجي أنموذجا
الجزء الثاني: منهجية المعالجة البيداغوجية

الطيب زاوي
مفتش التعليم المتوسط للعلوم الفيزيائية والتكنولوجيا، مديرية التربية لولاية وهران
iem31phy1@gmail.com

1. تشخيص وضعية المادة لدى التلاميذ المنتقلين

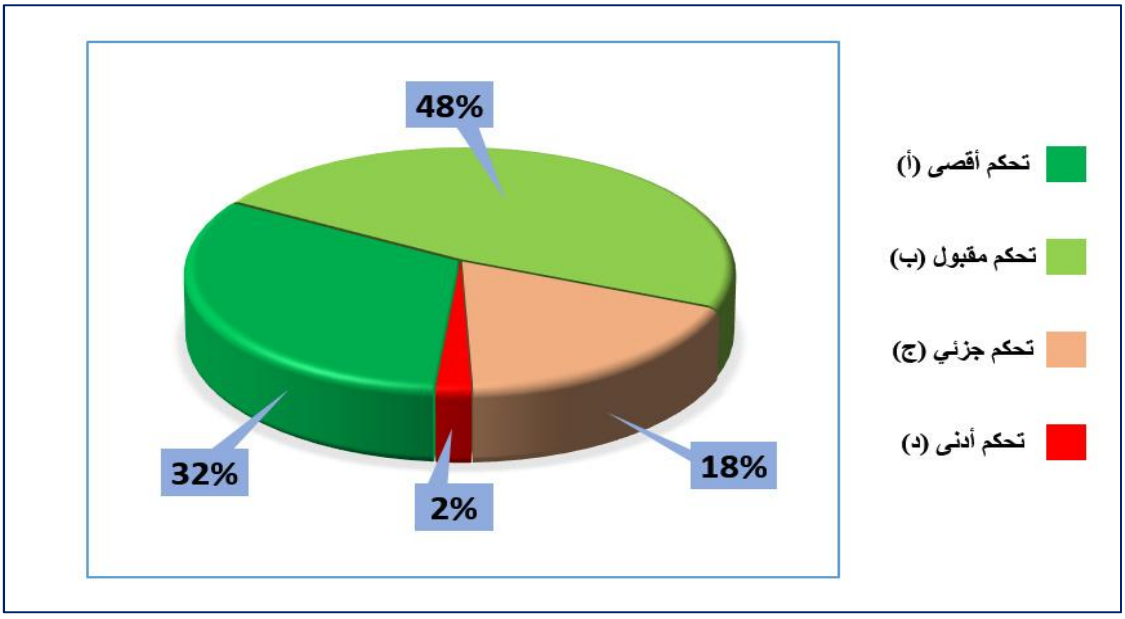
بعد القراءة الدقيقة والشاملة لنتائج امتحان تقييم مكتسبات التلاميذ المنتقلين -انطلاقًا من المعطيات التي توفّرها الأرضية الرقمية للوزارة على شكل شبكات تحليلية للبنيات النسقية للكفاءات التي امتلكها هؤلاء التلاميذ في نهاية المرحلة الابتدائية- وكذا جرّاء استغلال البيانات الواردة في دفاتر تقييم مكتسباتهم، تهتم كل خلية تربوية من الأساتذة، بإشراف من منسقها (مسؤول المادة) وتحت مسؤولية مدير المتوسطة، بحصر جميع المعلومات الإحصائية عن مادتها التدريسية واللازمة للتشخيص، مستقاة بنفس النسق البنيوي من الشبكات التحليلية العامة (انظر الملحق 1)، في شبكات فرعية لكافة أفواج السنة الأولى من التعليم المتوسط بالمؤسسة.

1.أ. مثال: نطّلع على شبكة فرعية للمادة (انظر الملحق 2)، لكوكبة من تلاميذ قادمين إلى متوسطة ما.

نلمح في هذه الشبكة، عددهم الإجمالي المقدر بـ 180؛ ويمكننا أيضًا الإشارة إلى الإحصائيات الآتية:

الجدول 1. تعداد التلاميذ حسب التقدير والتوصيف، في تملك الكفاءة الشاملة

عدد التلاميذ	التقدير	توصيف تملك الكفاءة الشاملة
58	تحكّم أقصى	تَمَلَّكَ كفاءات التربية العلمية في بعدها التكنولوجي بمستوى جيّد، يمكّنه من الاستخدام الآمن للمادّة، والتّكيّف مع الظواهر الفلكية بيُسر واقتدار.
86	تحكّم مقبول	تَمَلَّكَ كفاءات التربية العلمية في بعدها التكنولوجي بمستوى مقبول، يمكّنه من الاستخدام الآمن للمادّة والتّكيّف مع الظواهر الفلكية بيُسر.
32	تحكّم جزئي	تَمَلَّكَ جزئيًا كفاءات التربية العلمية في بعدها التكنولوجي، يصعب عليه الاستخدام الآمن للمادّة والتّكيّف مع الظواهر الفلكية بيُسر.
04	تحكّم أدنى	تَمَلَّكَ كفاءات التربية العلميّة في بعدها التكنولوجي بمستوى محدود، يعيقه عن الاستخدام الآمن للمادّة والتّكيّف مع الظواهر الفلكية.



الشكل 1. التمثيل البياني للنسب التقريبية لمستويات التحكم في الكفاءة الشاملة لدى التلاميذ

1.ب. التحليل: بعد دراسة الشبكة-2 وقراءة معطيات الجدول 1، وكذلك الاستعانة بالتمثيل البياني 1، يتضح أنّ:

- عدد التلاميذ المصنفين في التقديرين «أ» و«ب» هو 144 (والذين يمثلون معًا ما نسبته 80 % من العدد الكلي). لديهم تحكم جيد في كفاءات التربية العلمية في بعدها التكنولوجي؛ ما يجعلهم مستعدين لبناء التعلمات الجديدة المرصودة لمادة العلوم الفيزيائية والتكنولوجيا في الطور الأول من مرحلة التعليم المتوسط.
- هناك 36 تلميذًا فقط ممن ينتمون إلى الفئتين ذاتي التقديرين «ج» و«د» (وهم يشكلون معًا نسبة 20% من المجموع). لديهم عجز في تملك الكفاءة الشاملة للمادة؛ مما يستدعي حتمية المعالجة البيداغوجية لهذه المجموعة، كلٌ حسب الصعوبات التي يعاني منها، لتمكينهم من مواكبة سيرورة العملية التعليمية التعلّمية.

2. تقييم التلاميذ بمعايير الكفاءات الختامية

2.أ. مثال: نعتمد على شبكة مفصّلة بالمعايير لعينة مكونة من 82 تلميذًا (انظر الملحق 3).

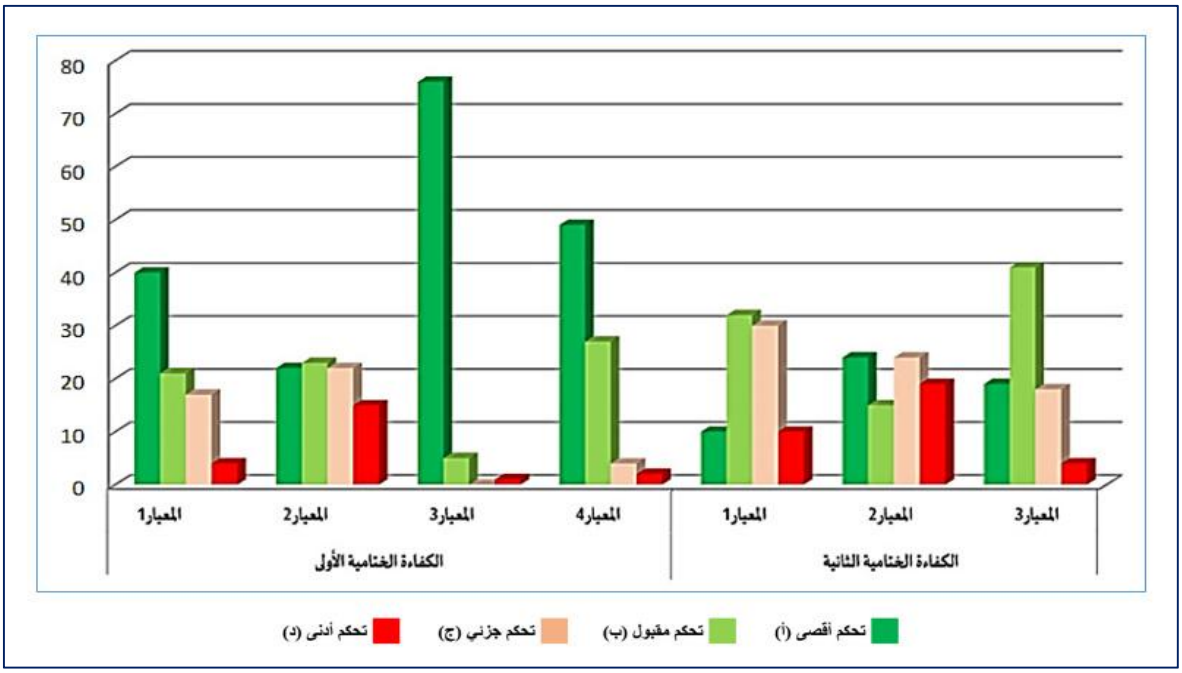
المقدار في كل خانة من الجدول 2 أسفله، يمثّل عدد مرات تكرر تصنيف التلاميذ في التقدير الموافق لسطر الخانة حسب المعيار الموافق لعمودها؛ فمثلًا في الخانة الأولى، 40 هو عدد التلاميذ الذين لديهم تحكم أقصى (أ) في المعيار-1 للكفاءة الختامية الأولى.

أما خانات السطر الأخير، فهي تعبّر عن النسب المئوية لحالات تكرار إما التقدير (ج) أو التقدير (د)؛ حيث يكفي تسجيل أحدهما (تحكم جزئي أو تحكم أدنى) للدلالة على وجود حالة من النقائص أو الصعوبات في التعلّم.

وقصد الاختصار إنشائيًا في المُفاد، سنصطلح أحيانًا في الفقرات القادمة على هذه الحالة المدلول عليها بالعبارة اللفظية (تعثّر أو إخفاق). كما يقتضي التسلسل المنطقي لمعطيات العرض، أن نحافظ على عناصر التحليل وبالرموز ذاتها المستعملة في السندات المرجعية لعملنا هذا؛ إذ بالحريّ هنا - قبل استقراء ما في الجدول 2 والشكل 2 التاليين - التذكير بمراجعة الشبكة المعتمدة في تقييم كفاءات المادة (انظر الملحق 4).

الجدول 2. أعداد ونسب تقديرات تحكم التلاميذ في معايير الكفاءات الختامية

	الكفاءة الختامية الأولى (الاستخدام السليم والآمن للمادة)				الكفاءة الختامية الثانية (التكيّف مع الظواهر الفلكية)		
	المعيار1	المعيار2	المعيار3	المعيار4	المعيار1	المعيار2	المعيار3
تحكم أقصى (أ)	40	22	76	49	10	24	19
تحكم مقبول (ب)	21	23	5	27	32	15	41
تحكم جزئي (ج)	17	22	0	4	30	24	18
تحكم أدنى (د)	4	15	1	2	10	19	4
المجموع: (ج + د)	21	37	1	6	40	43	22
النسبة (ج + د) %	25.60	45.12	1.22	7.32	48.78	52.44	26.83



الشكل 2. التمثيل البياني لمستويات التحكم في معايير الكفاءات الختامية لدى التلاميذ

1.أ. التحليل

معطيات الجدول والتمثيل البياني السالفين (المستخلصة من الشبكة-2) في هذا التقييم، تفسّر أن عددًا معتبرًا من التلاميذ يعانون بعض الصعوبات في التعلّم، لاسيما بمعايير الكفاءة الختامية الثانية. ولكون هذه الأخيرة تتعلق بالمقطع التعلّمي المبرمج لمستوى السنة الأولى من مرحلة التعليم المتوسط، خلال الفصل الثالث من الموسم

الدراسي، يتم إرجاء المعالجة البيداغوجية المرتبطة بهذه الكفاءة إلى ذلك الحين، شريطة تأديتها بالكيفية والفاعلية المطلوبتين ضمن التدرجات السنوية للبرنامج الدراسي في مجالات زمنية تتلاءم مع صلتها بالتعلّمات المستهدفة.

هذا، وتشير ذات النتائج بأنّ كفاءة "الاستخدام السليم والآمن للمادة" تجلّى التعثر فيها نوعًا ما أكثر في المعيار الثاني (ارتفاع النسبة المئوية لمجموع التقديرين «ج» و «د»). كما يبدو الإخفاق جزئيًا إلى ضئيل بنسب متفاوتة في باقي المعايير. وبالتالي لتجسيد الانسجام أكثر في تناول مضامين المناهج التعليمية للمادة ومن باب مراعاة الأولوية في الترابط، فإنّ آليات المعالجة البيداغوجية التي يتعيّن تنفيذها كمرحلة تمهيدية، وذلك خلال الأسبوعين الأولين من التحاق التلاميذ بمقاعد الدراسة، هي تلك المتعلقة بهذه الكفاءة الختامية (وهذا ما سيرد تعليله).

3. تشكيل فئات المعالجة البيداغوجية

3.أ. مثال: نفترض أنّنا حضّرنا الشبكة التحليلية الموالية، باعتبارها خاصة بفوج تربوي (شبكة المادة لقسم).

فيكون إذن الجدول 3 التفصيلي أدناه، عبارة عن شبكة معيارية لفوج، تخص من بين تلاميذ قسم معين لمستوى السنة الأولى في مؤسسة للتعليم المتوسط، فقط الجدد منهم الوافدين من مؤسسات بمرحلة التعليم الابتدائي.

أما الجدول 4 بعده، فيمثل معلومات هامة يحتاجها الأستاذ المسند إليه الفوج ذاته، في تحرير حصيلته التربوية، استعداداً لإجراء المعالجة البيداغوجية لنتائج تقييم مكتسبات هؤلاء التلاميذ الجدد.

الجدول 3. أنموذج شبكة معيارية لفوج تربوي معيّن مسند لأستاذ

	الكفاءة الختامية الأولى				الكفاءة الختامية الثانية		
رقم التلميذ	المعيار1	المعيار2	المعيار3	المعيار4	المعيار1	المعيار2	المعيار3
1	أ	أ	أ	أ	أ	أ	ب
2	أ	ب	أ	أ	أ	أ	ج
3	ج	أ	أ	أ	ج	د	ب
4	أ	أ	أ	أ	ج	ج	أ
5	أ	أ	أ	أ	أ	ج	ب
6	ب	ب	أ	أ	أ	ج	أ
7	أ	ب	أ	ب	ج	أ	ب
8	أ	د	أ	أ	د	ج	ب
9	أ	ب	أ	أ	أ	ج	ب
10	أ	ب	أ	أ	ب	ج	أ

11	د	د	أ	أ	ج	ج	ج
12	ج	ج	ج	أ	ب	ج	ب
13	ج	أ	ب	أ	ج	أ	أ
14	ج	د	أ	أ	ب	أ	ب
15	ب	ب	ب	أ	أ	أ	ب
16	أ	أ	أ	أ	ب	ج	أ
17	أ	أ	أ	أ	ج	أ	أ
18	ب	أ	أ	أ	ب	أ	ب
19	أ	أ	أ	أ	ج	ب	أ
20	أ	ج	أ	ب	ب	ب	ب
21	أ	ب	أ	ب	ب	أ	ج
22	د	ج	أ	أ	ب	ج	ج
23	أ	ج	أ	أ	ب	د	ب
24	ب	أ	أ	ب	ج	أ	ب
25	أ	ب	أ	أ	ج	د	ج
26	ج	ج	أ	ب	ب	ج	ج
27	ب	ب	أ	أ	ب	د	ب
28	ب	د	أ	أ	د	ب	ب
29	ج	ج	أ	ب	ب	ب	ب
30	ب	أ	أ	ب	ب	ج	ب
31	ب	د	ب	ب	ج	ج	ب
32	أ	ج	أ	أ	ج	ج	ب
33	أ	ب	أ	أ	ب	د	أ
34	أ	ج	أ	أ	ج	ج	ج
35	أ	أ	أ	أ	ب	د	ب

الجدول 4. حصيلة تقديرات التحكم في معايير الكفاءات الختامية لدى تلاميذ القسم المفترض

	الكفاءة الختامية الأولى				الكفاءة الختامية الثانية		
	المعيار1	المعيار2	المعيار3	المعيار4	المعيار1	المعيار2	المعيار3
تحكم أقصى (أ)	19	12	34	24	6	10	8
تحكم مقبول (ب)	8	10	1	10	15	4	20
تحكم جزئي (ج)	6	8	0	1	12	15	7

1.أ. التحليل

بتوظيف البيانات التي يشتمل عليها الجدولان الأخيران، يتمكن الأستاذ من تحديد المجموعات المعنية بالمعالجة البيداغوجية؛ ومن ثمة يخطط لتنظيم جميع خطوات سيرها، ويُعد كل ما من شأنه أن يساعده في ذلك من عوامل وأدوات، بما فيها المادية (كالوسائل التعليمية) أو التوثيقية كالبطاقات التقنية (انظر الملحق 5).

وعطفًا على التحليلين السابقين وأخذًا بالحسبان لمخططات التعلّم السنوية في مرحلة التعليم المتوسط، يتم من الأحسن تسبيق المعيارين الثالث والرابع من الكفاءة الختامية الأولى، أثناء إنجاز المرحلة التمهيدية للمعالجة البيداغوجية؛ لكونهما يُعتبران أساسيين لبناء التعلّمات الخاصة بالمقطع الأول (الظواهر الكهربائية) من البرنامج الدراسي المقرر لمستوى السنة الأولى في مرحلة التعليم المتوسط.

كما يمكن للأستاذ أن يتناول مع هذين المعيارين، المعيار الثاني أيضًا لنفس الكفاءة الختامية أو يتركه للمعالجات المستمرة المقبلة؛ مادام هذا المعيار يتعلق بالمقطع الثاني (المادة وتحولاتها). أما المعيار الأول، فبالنظر لارتباطه بتعلّمات مستقبلية (مستهلّة من السنة الثانية)، يُحبذ تأجيل معالجة إخفاقات التلاميذ فيه إلى محطات لاحقة ومواتية من مسارهم التعليمي التعلّمي. وبصفة عامة، تُجرى هذه التعديلات المعروضة وغيرها بالأسلوب المناسب، كلما كانت هناك ضرورة للجوء إليها، أو متى رأى الأستاذ الحاجة الملحة في إعادة الهيكلة التنظيمية لآلية المعالجة البيداغوجية الاعتيادية.

خاتمة

بناءً على كل ما تقدّم من تفصيل في هذه الدراسة التقويمية، يتبادر إلى الذهن فكرة مبدئية عن طريقة نراها مثلى لتشكيل فئات المعالجة البيداغوجية في مرحلتها التمهيدية بحيث يستطيع الأستاذ على هذه الشاكلة تتويج حصيلته التربوية بتوزيع - على سبيل المثال كما هو مبين في الجدول 5 الوارد أسفله - تلاميذ قسمه المصنفين في التقديرين «ج» و«د» إلى مجموعتين (الأولى للتقدير «ج» والثانية للتقدير «د»). وبالمنوال ذاته، يواصل استراتيجيته بوضع خطط لما تمّ إرجاؤه من عمليات علاجية.

أخيرًا، حقيق علينا الإشارة إلى أنّ الطرائق المتبعة في تحديد فئات المعالجة وإن اختلفت، فإنها نتيجة للتشخيص تفضي إلى النمطين الجماعي والفردي. كما يجدر في الختام، التأكيد على وجوب أن تمس هكذا استراتيجيات كل معيار من معايير الكفاءة، بدءًا بذات الأسبقية وصولاً إلى المتبقية؛ دون نسيان أو تقليل من أهمية أي واحد منها، حتى وإن تحتّم تأجيل إدراجه - سواء على المدى القصير أم البعيد - في إطار المخطط الشامل والمستمر للمعالجة البيداغوجية.

الجدول 5. الشبكة التحليلية للمجموعات المقترحة للاستفادة من المعالجة البيداغوجية

الكفاءة الختامية الأولى: الاستخدام السليم والآمن للمادة								
المعيار2: قراءة إرشادات الاستخدام الآمن للمواد وتوظيفها			المعيار3: اختيار المنبع المناسب لتغذية الأجهزة الكهربائية، والطرق الآمنة لاستخدامها			المعيار4: الالتزام بالقواعد الأمنية للحماية من مخاطر التكهرب		
التقدير	تحكم جزئي (ج)	تحكم أدنى (د)	التقدير	تحكم جزئي (ج)	تحكم أدنى (د)	التقدير	تحكم جزئي (ج)	تحكم أدنى (د)
أرقام التلاميذ المعنيين	12	8	أرقام التلاميذ المعنيين	/	/	أرقام التلاميذ المعنيين	12	/
	20	11						
	22	14						
	23	28						
	26	31						
	29	/						
	32	/						
	34	/						
	/	/						
رقم المجموعة	I	II	رقم المجموعة	/	/	رقم المجموعة	III	/
العدد	08	05	العدد	00	00	العدد	01	00

المراجع

[1] مناهج مادتي التربية العلمية والتكنولوجية للمرحلة الابتدائية، والعلوم الفيزيائية والتكنولوجيا لمرحلة التعليم المتوسط.

[2] السندات ومخرجات العمليات التكوينية المبرمجة وطنيا وجهويا ومحليا، حول موضوع المعالجة البيداغوجية المستجد.

ملاحق

الملحق 1: الشبكة 1

	اللغة العربية	اللغة الأمازيغية	اللغة الفرنسية	الرياضيات	التربية الإسلامية	البعد البيولوجي	البعد التكنولوجي	التربية المدنية	التاريخ	الجغرافيا	أ	ب	ج	د
1	ب	ب	أ	ب	ب	ب	ج	ب	ج	أ	2	6	2	0
2	ب	أ	أ	ب	ب	ب	ج	ب	أ	أ	4	5	1	0
3	ب	ب	د	ج	ب	ب	أ	أ	ب	ب	2	6	1	1
4	أ	أ	أ	ب	أ	أ	ب	أ	ب	أ	7	3	0	0
5	أ	أ	ج	ب	أ	ب	أ	ب	ب	ب	4	5	1	0
6	أ	أ	أ	ب	أ	ج	ب	أ	ب	ب	5	4	1	0
7	ب	ج	ب	د	ب	ج	ج	ب	ب	ج	0	5	4	1
8	أ	ب	ج	ج	ب	ب	ج	ب	ب	ب	1	6	3	0
9	د	د	د	د	ج	د	د	ج	د	ج	0	0	3	7
10	ج	د	د	د	ج	ج	د	ج	ج	ج	0	0	6	4
11	ب	أ	ج	ب	ب	ب	ج	ب	ب	أ	2	6	2	0
12	أ	أ	أ	ب	ب	أ	ج	أ	ب	ب	5	4	1	0
13	أ	أ	أ	ب	ب	ب	أ	ب	أ	أ	6	4	0	0
14	أ	أ	أ	أ	أ	أ	ج	أ	ب	ب	7	2	1	0
15	ب	ب	ج	ب	ب	ب	ج	ب	أ	ب	1	7	2	0
16	أ	أ	أ	أ	أ	أ	ب	أ	ب	أ	8	2	0	0
17	ب	ب	ب	أ	أ	ب	ج	أ	د	ب	3	5	1	1
18	أ	ب	د	ج	ب	ب	ب	أ	ج	ب	2	5	2	1
19	ب	أ	ب	ب	ب	أ	ب	ب	ب	ب	2	8	0	0
20	أ	أ	ب	أ	أ	أ	أ	أ	أ	ب	8	2	0	0
21	أ	أ	أ	ب	أ	ب	ب	أ	ج	أ	6	3	1	0
22	أ	ب	ب	ب	أ	ب	ب	ب	ب	ب	2	8	0	0
23	ب	ج	ج	ج	ب	ج	ج	ج	ب	ج	0	3	7	0
24	ب	ج	ب	د	ب	ب	ج	ب	ب	ب	0	7	2	1
25	ب	ب	أ	ب	أ	ب	ج	أ	ب	أ	4	5	1	0
26	أ	أ	أ	ب	ب	ب	ب	أ	ب	ب	4	6	0	0
27	ب	أ	أ	ب	ب	ج	ب	أ	أ	ب	4	5	1	0
28	أ	أ	أ	أ	أ	أ	ب	أ	ب	أ	8	2	0	0
29	أ	أ	أ	أ	ب	ب	ب	أ	ب	أ	6	4	0	0
30	أ	أ	أ	ب	أ	أ	ب	أ	ب	أ	7	3	0	0
31	ج	ج	ج	ج	ب	ج	ج	ب	ج	ب	0	3	7	0
32	أ	أ	أ	أ	أ	ب	ب	أ	أ	ب	7	3	0	0
33	أ	أ	أ	أ	أ	أ	أ	أ	ب	أ	9	1	0	0
34	أ	أ	أ	أ	أ	أ	ب	أ	أ	أ	9	1	0	0
35	أ	أ	ج	ج	ب	ب	ب	ب	ب	أ	3	5	2	0
36	أ	أ	ب	أ	أ	ب	ب	أ	ب	أ	6	4	0	0
37	ب	ب	ج	ب	ب	ب	ب	ب	ب	أ	1	8	1	0
38	ب	ب	د	ج	ب	ب	ج	ب	ج	ب	0	6	3	1
39	ج	ب	ج	ج	ب	ب	ج	ب	ج	ب	0	5	5	0
40	ب	ب	أ	ج	ب	ج	ج	ب	ج	ب	1	5	4	0
41	أ	أ	أ	ب	أ	ب	ب	ب	ب	ب	4	6	0	0
42	ب	أ	ب	ج	ب	ج	ب	ب	ب	ب	1	7	2	0
43	أ	أ	ب	ب	أ	ج	ب	أ	ب	ب	4	5	1	0
44	أ	أ	أ	أ	أ	أ	أ	أ	أ	أ	10	0	0	0
45	أ	أ	أ	ب	أ	أ	ب	أ	أ	أ	8	2	0	0
46	أ	أ	أ	أ	أ	أ	ب	أ	ب	أ	7	3	0	0
47	ب	ب	ب	ب	ب	ب	ج	ب	ج	ب	0	8	2	0
48	أ	أ	ب	ب	ب	ب	ب	ب	ب	أ	3	7	0	0
49	أ	أ	أ	ب	أ	أ	أ	أ	أ	ب	8	2	0	0
50	أ	أ	ب	أ	أ	ب	أ	أ	أ	أ	8	2	0	0
51	أ	أ	ب	ب	أ	أ	ب	أ	ب	ب	5	5	0	0
52	ج	ج	د	ج	ب	ب	ج	ب	ج	ب	0	4	5	1
53	أ	أ	أ	أ	أ	أ	أ	أ	أ	أ	10	0	0	0
54	أ	أ	أ	ب	ب	ب	ب	ب	ب	ب	3	7	0	0
55	ب	أ	أ	ب	ب	ب	ب	ب	ب	أ	3	7	0	0
56	ج	ب	د	ب	ب	أ	ج	ب	ج	ب	1	5	3	1
57	ج	ب	ج	ج	ب	ج	ج	ب	ب	ب	0	5	5	0

58	أ	أ	أ	ب	أ	أ	ب	أ	أ	ب	أ	8	2	0
59	ب	أ	ج	ب	ب	ب	ب	أ	ب	ب	ب	2	7	1
60	د	د	د	د	د	ج	د	ج	د	د	ج	0	0	3	7
61	ج	ج	ب	ج	ب	ب	ج	ب	ج	ب	ب	0	5	5	0
62	أ	أ	أ	أ	أ	أ	ب	أ	ب	ب	ب	6	4	0	0
63	د	د	د	ج	ب	ج	ب	ب	د	ب	ب	0	3	3	4
64	ج	ج	د	ب	ب	ج	ب	ب	ج	ب	ب	0	3	5	2
65	أ	أ	ب	ب	ب	ب	ب	ب	ب	ب	ب	2	8	0	0
66	د	د	د	د	ج	د	د	ج	ج	ج	ب	0	0	4	6
67	أ	أ	ب	ب	ب	ب	ب	أ	ب	ب	ب	3	7	0	0
68	ب	ب	د	ج	ب	أ	ج	أ	ج	ب	ب	2	4	3	1
69	ب	د	ب	ب	أ	ب	أ	ب	أ	أ	أ	4	5	0	1
70	أ	د	ب	ج	ب	ب	ب	أ	ب	ب	ب	2	6	1	1
71	ب	أ	أ	ج	أ	أ	أ	أ	أ	أ	أ	8	1	1	0
72	أ	ب	ب	ب	أ	أ	أ	أ	أ	ب	أ	6	4	0	0
73	ب	ج	د	ج	أ	أ	ب	ب	ب	ب	أ	3	4	2	1
74	أ	ج	ب	ب	أ	أ	أ	أ	أ	أ	أ	7	2	1	0
75	أ	أ	ب	ج	ب	أ	أ	ب	ب	ب	أ	4	5	1	0
76	أ	ج	ب	ب	أ	أ	أ	أ	أ	أ	أ	7	2	1	0
77	أ	أ	أ	ب	أ	أ	أ	أ	أ	أ	أ	9	1	0	0
78	أ	أ	أ	أ	أ	أ	أ	أ	ب	أ	أ	9	1	0	0
79	أ	أ	ب	ج	أ	أ	ب	أ	أ	أ	أ	7	2	1	0
80	أ	أ	أ	أ	أ	أ	أ	أ	ب	أ	أ	9	1	0	0
81	ب	د	ج	ج	ب	ب	ب	أ	ج	ب	ب	1	5	3	1
82	ب	ج	ب	ب	أ	أ	ب	أ	ب	أ	أ	4	5	1	0
83	أ	ب	ب	ب	أ	أ	ب	أ	ب	أ	أ	5	5	0	0
84	أ	د	أ	ب	أ	أ	ب	أ	ب	ب	ب	5	4	0	1
85	أ	د	ب	أ	أ	أ	أ	أ	أ	أ	أ	8	1	0	1
86	ب	ب	أ	ب	أ	ب	أ	ب	ب	ب	ب	3	7	0	0
87	أ	أ	أ	أ	أ	أ	أ	أ	أ	أ	أ	10	0	0	0
88	ب	ج	ب	ج	أ	أ	أ	ب	ب	ب	ب	3	5	2	0
89	أ	د	ب	ب	أ	أ	ب	أ	ب	أ	ب	5	4	0	1
90	أ	د	ب	ج	أ	أ	ب	أ	ب	أ	ب	5	3	1	1
91	أ	ج	ب	ب	أ	أ	أ	أ	ب	أ	ب	6	3	1	0
92	أ	أ	أ	أ	أ	أ	أ	أ	أ	أ	أ	10	0	0	0
93	أ	ب	ج	ج	ب	ب	ج	ب	ج	ب	ب	1	5	4	0
94	أ	د	ج	ج	أ	أ	أ	ب	ب	ب	ب	4	3	2	1
95	أ	ج	أ	ب	أ	ب	ج	ب	ب	ب	ب	3	5	2	0
96	أ	أ	أ	أ	أ	أ	أ	أ	ب	أ	أ	9	1	0	0
97	أ	ب	أ	أ	أ	ب	أ	ب	أ	أ	أ	7	3	0	0
98	أ	أ	ب	أ	أ	أ	أ	ب	أ	أ	أ	8	2	0	0
99	أ	أ	أ	ب	أ	أ	أ	ب	أ	أ	أ	8	2	0	0
100	ب	ج	أ	ب	ب	ب	ج	ب	ب	ب	ب	1	6	3	0
101	ب	ج	أ	ب	أ	ب	ب	ب	أ	ب	ب	3	6	1	0
102	أ	ب	ج	ج	أ	ب	ب	ب	ب	أ	ب	3	5	2	0
103	أ	د	ج	ج	ب	أ	أ	أ	أ	أ	أ	6	1	2	1
104	أ	د	أ	ب	أ	ب	ب	ب	ب	ب	ب	3	6	1	0
105	أ	ب	أ	أ	أ	ب	ج	أ	ب	ب	ب	5	4	1	0
106	أ	أ	أ	أ	أ	أ	أ	أ	أ	أ	أ	10	0	0	0
107	ب	د	ب	ج	ب	ب	ب	ب	ب	ج	أ	1	6	2	1
108	أ	ب	أ	أ	أ	أ	أ	أ	ب	أ	أ	7	3	0	0
109	ب	أ	ج	ب	أ	أ	أ	أ	ب	أ	أ	6	3	1	0
110	أ	أ	أ	أ	أ	أ	ب	أ	ب	أ	أ	7	3	0	0
111	أ	أ	أ	أ	أ	أ	أ	أ	ب	أ	أ	8	2	0	0
112	أ	أ	أ	أ	أ	أ	ب	أ	أ	أ	أ	9	1	0	0
113	ب	أ	أ	ب	ب	ب	ب	أ	ب	ب	ب	3	7	0	0
114	أ	أ	ب	ب	أ	أ	أ	أ	أ	ب	أ	7	3	0	0
115	أ	أ	ب	ب	أ	أ	أ	أ	أ	ب	أ	7	3	0	0
116	ج	ب	ج	ب	ب	ب	ب	ب	ب	ب	ب	0	7	3	0
117	أ	أ	أ	أ	أ	أ	أ	أ	أ	أ	أ	10	0	0	0
118	ب	أ	ب	ب	ب	ب	ب	ب	ب	ب	ب	1	9	0	0
119	أ	أ	أ	أ	أ	أ	أ	أ	أ	أ	أ	10	0	0	0
120	ج	ب	د	د	ب	ب	ب	ب	ب	ب	ب	0	7	1	2

0	0	3	7	أ	ب	أ	ب	أ	أ	ب	أ	أ	أ	121
0	0	5	5	أ	ب	ب	ب	ب	أ	أ	أ	أ	ب	122
0	0	1	9	أ	أ	أ	أ	ب	أ	أ	أ	أ	أ	123
0	0	2	8	أ	ب	أ	أ	أ	أ	ب	أ	أ	أ	124
0	0	6	4	ب	ب	أ	ب	ب	أ	ب	أ	أ	ب	125
0	0	5	5	أ	ب	أ	ب	أ	أ	ب	ب	أ	ب	126
0	1	7	2	ب	أ	ب	ب	ب	ب	ب	ج	أ	ب	127
0	0	2	8	أ	ب	أ	ب	أ	أ	أ	أ	أ	أ	128
0	0	1	9	أ	أ	أ	أ	أ	أ	ب	أ	أ	أ	129
0	0	1	9	أ	ب	أ	أ	أ	أ	أ	أ	أ	أ	130
0	1	8	1	ب	ب	ب	ب	ب	ب	ب	ج	أ	ب	131
0	0	8	2	أ	ب	أ	ب	ب	ب	ب	ب	ب	ب	132
0	0	4	6	أ	ب	ب	أ	أ	أ	ب	ب	أ	أ	133
0	0	7	3	ب	ب	أ	ب	ب	ب	ب	أ	أ	ب	134
0	0	4	6	أ	ب	أ	ب	أ	أ	ب	أ	أ	ب	135
0	0	0	10	أ	أ	أ	أ	أ	أ	أ	أ	أ	أ	136
0	1	6	3	أ	ب	ب	ب	أ	ب	ب	ج	أ	ب	137
0	0	1	9	أ	أ	أ	أ	أ	أ	أ	أ	أ	أ	138
0	0	2	8	أ	ب	أ	ب	أ	أ	أ	أ	أ	أ	139
0	0	3	7	أ	ب	أ	أ	أ	أ	ب	ب	أ	أ	140
0	0	5	5	أ	ب	أ	أ	ب	ب	ب	أ	أ	ب	141
0	0	3	7	أ	أ	ب	أ	أ	أ	ب	ب	أ	أ	142
0	2	7	1	أ	ب	ب	ب	ب	ب	ج	ب	ب	ج	143
0	0	3	7	أ	ب	أ	ب	ب	أ	أ	أ	أ	أ	144
0	1	9	0	ب	ب	ب	ب	ب	ب	ب	ب	ب	ج	145
0	4	6	0	ب	ب	ب	ج	ج	ب	ب	ج	ب	ج	146
2	2	3	3	أ	ج	ب	ب	ب	ب	ج	د	د	أ	147
0	0	7	3	ب	ب	أ	ب	أ	ب	ب	ب	أ	ب	148
0	0	8	2	ب	ب	ب	ب	ب	ب	ب	أ	أ	ب	149
0	0	1	9	أ	ب	أ	أ	أ	أ	أ	أ	أ	أ	150
0	0	5	5	ب	ب	أ	ب	ب	أ	ب	أ	أ	أ	151
0	0	4	6	أ	ب	أ	ب	أ	أ	ب	أ	أ	ب	152
0	1	4	5	أ	ب	أ	ب	أ	أ	ب	ج	أ	ب	153
0	4	6	0	ب	ج	ب	ج	ب	ب	ب	ج	ج	ب	154
0	0	4	6	ب	ب	أ	ب	أ	أ	ب	أ	أ	أ	155
0	1	5	4	ب	ب	أ	ج	أ	أ	ب	ب	أ	ب	156
0	0	0	10	أ	أ	أ	أ	أ	أ	أ	أ	أ	أ	157
0	0	3	7	أ	ب	أ	ب	أ	أ	ب	أ	أ	أ	158
0	0	2	8	أ	ب	أ	أ	أ	أ	ب	أ	أ	أ	159
0	0	1	9	أ	ب	أ	أ	أ	أ	أ	أ	أ	أ	160
0	0	1	9	أ	ب	أ	أ	أ	أ	أ	أ	أ	أ	161
0	0	3	7	أ	ب	أ	أ	أ	أ	ب	ب	أ	أ	162
0	1	7	2	ب	ب	ب	ج	ب	ب	ب	أ	أ	ب	163
0	0	8	2	ب	ب	ب	ب	ب	ب	ب	أ	أ	ب	164
0	0	1	9	أ	ب	أ	أ	أ	أ	أ	أ	أ	أ	165
0	2	4	4	أ	ج	أ	ب	ب	أ	ب	ج	أ	ب	166
0	3	6	1	ب	ب	ب	ب	ب	ب	ج	ج	ب	ج	167
0	0	2	8	أ	أ	أ	أ	أ	أ	ب	ب	أ	أ	168
0	0	8	2	ب	ب	أ	ب	ب	ب	ب	ب	أ	ب	169
0	0	9	1	ب	ب	ب	ب	ب	ب	ب	ب	أ	ب	170
0	0	8	2	ب	ب	أ	ب	ب	ب	ب	ب	أ	ب	171
0	0	5	5	ب	ب	أ	ب	أ	ب	ب	أ	أ	أ	172
0	0	8	2	ب	ب	أ	ب	ب	ب	ب	ب	أ	ب	173
0	1	7	2	ب	ب	أ	ب	ب	ب	ب	ج	ب	أ	174
0	1	3	6	أ	ب	أ	ب	أ	أ	ب	ج	أ	أ	175
0	0	1	9	أ	أ	أ	أ	أ	أ	أ	ب	أ	أ	176
0	0	2	8	أ	أ	أ	أ	ب	أ	أ	ب	أ	أ	177
0	0	2	8	أ	أ	أ	ب	أ	أ	أ	أ	أ	ب	178
0	0	4	6	ب	ب	أ	ب	أ	أ	ب	أ	أ	أ	179
0	1	4	5	أ	ب	ب	أ	ب	أ	ب	ج	أ	أ	180
				97	38	112	58	86	107	45	84	115	105	A
				77	116	63	86	78	69	95	52	31	57	B
				6	22	5	32	12	4	33	29	17	14	C
					4		4	4		7	15	17	4	D

الملحق 2: الشبكة 2

	البعد التكنولوجي	أ	ب	ج	د
1	ج	2	6	2	0
2	ج	4	5	1	0
3	أ	2	6	1	1
4	ب	7	3	0	0
5	أ	4	5	1	0
6	ب	5	4	1	0
7	ج	0	5	4	1
8	ج	1	6	3	0
9	د	0	0	3	7
10	د	0	0	6	4
11	ج	2	6	2	0
12	ج	5	4	1	0
13	أ	6	4	0	0
14	ج	7	2	1	0
15	ج	1	7	2	0
16	ب	8	2	0	0
17	ج	3	5	1	1
18	ب	2	5	2	1
19	ب	2	8	0	0
20	أ	8	2	0	0
21	ب	6	3	1	0
22	ب	2	8	0	0
23	ج	0	3	7	0
24	ج	0	7	2	1
25	ج	4	5	1	0
26	ب	4	6	0	0
27	ب	4	5	1	0
28	ب	8	2	0	0
29	ب	6	4	0	0
30	ب	7	3	0	0
31	ج	0	3	7	0
32	ب	7	3	0	0
33	أ	9	1	0	0
34	ب	9	1	0	0
35	ب	3	5	2	0
36	ب	6	4	0	0
37	ب	1	8	1	0
38	ج	0	6	3	1
39	ج	0	5	5	0
40	ج	1	5	4	0
41	ب	4	6	0	0
42	ب	1	7	2	0
43	ب	4	5	1	0
44	أ	10	0	0	0
45	ب	8	2	0	0
46	ب	7	3	0	0
47	ج	0	8	2	0
48	ب	3	7	0	0
49	أ	8	2	0	0
50	أ	8	2	0	0
51	ب	5	5	0	0
52	ج	0	4	5	1
53	أ	10	0	0	0
54	ب	3	7	0	0
55	ب	3	7	0	0
56	ج	1	5	3	1
57	ج	0	5	5	0
58	ب	8	2	0	0
59	ب	2	7	1	0
60	د	0	0	3	7
61	ج	0	5	5	0

62	ب	6	4	0	0
63	ج	0	3	3	4
64	ج	0	3	5	2
65	ب ب	2	8	0	0
66	د	0	0	4	6
67	ب ب	3	7	0	0
68	ج	2	4	3	1
69	أ	4	5	0	1
70	ب ب	2	6	1	1
71	أ	8	1	1	0
72	أ	6	4	0	0
73	ب ب	3	4	2	1
74	أ	7	2	1	0
75	أ	4	5	1	0
76	أ	7	2	1	0
77	أ	9	1	0	0
78	أ	9	1	0	0
79	ب ب	7	2	1	0
80	أ	9	1	0	0
81	ب ب	1	5	3	1
82	ب ب	4	5	1	0
83	ب ب	5	5	0	0
84	ب ب	5	4	0	1
85	أ	8	1	0	1
86	أ	3	7	0	0
87	أ	10	0	0	0
88	أ	3	5	2	0
89	ب ب	5	4	0	1
90	ب ب	5	3	1	1
91	أ	6	3	1	0
92	أ	10	0	0	0
93	ج	1	5	4	0
94	أ	4	3	2	1
95	ج	3	5	2	0
96	أ	9	1	0	0
97	أ	7	3	0	0
98	أ	8	2	0	0
99	أ	8	2	0	0
100	ج	1	6	3	0
101	ب ب	3	6	1	0
102	ب ب	3	5	2	0
103	أ	6	1	2	1
104	ب ب	3	6	1	0
105	ج	5	4	1	0
106	أ	10	0	0	0
107	ب ب	1	6	2	1
108	أ	7	3	0	0
109	أ	6	3	1	0
110	ب ب	7	3	0	0
111	أ	8	2	0	0
112	ب ب	9	1	0	0
113	ب ب	3	7	0	0
114	أ	7	3	0	0
115	أ	7	3	0	0
116	ب ب	0	7	3	0
117	أ	10	0	0	0
118	ب ب	1	9	0	0
119	أ	10	0	0	0
120	ب ب	0	7	1	2
121	ب ب	7	3	0	0
122	ب ب	5	5	0	0
123	أ	9	1	0	0
124	أ	8	2	0	0
125	ب	4	6	0	0

126	ب	5	5	0	0
127	ب	7	2	1	0
128	ب	2	8	0	0
129	أ	1	9	0	0
130	أ	1	9	0	0
131	ب	8	1	1	0
132	ب	8	2	0	0
133	أ	4	6	0	0
134	ب	7	3	0	0
135	ب	4	6	0	0
136	أ	0	10	0	0
137	ب	6	3	1	0
138	ب	1	9	0	0
139	ب	2	8	0	0
140	أ	3	7	0	0
141	أ	5	5	0	0
142	أ	3	7	0	0
143	ب	7	1	2	0
144	ب	3	7	0	0
145	ب	9	0	1	0
146	ج	6	0	4	0
147	ب	3	3	2	2
148	ب	7	3	0	0
149	ب	8	2	0	0
150	أ	1	9	0	0
151	ب	5	5	0	0
152	ب	4	6	0	0
153	ب	4	5	1	0
154	ج	6	0	4	0
155	ب	4	6	0	0
156	ج	5	4	1	0
157	أ	0	10	0	0
158	ب	3	7	0	0
159	أ	2	8	0	0
160	أ	1	9	0	0
161	أ	1	9	0	0
162	أ	3	7	0	0
163	ج	7	2	1	0
164	ب	8	2	0	0
165	أ	1	9	0	0
166	ب	4	4	2	0
167	ب	6	1	3	0
168	أ	2	8	0	0
169	ب	8	2	0	0
170	ب	9	1	0	0
171	ب	8	2	0	0
172	ب	5	5	0	0
173	ب	8	2	0	0
174	ب	7	2	1	0
175	ب	3	6	1	0
176	أ	1	9	0	0
177	أ	2	8	0	0
178	ب	2	8	0	0
179	ب	4	6	0	0
180	أ	4	5	1	0
A	58				
B	86				
C	32				
D	4				

الملحق 3: الشبكة 3

		الكفاءة الختامية 1				الكفاءة الختامية 2			المجموع				
		المعيار 1	المعيار2	المعيار3	المعيار4	المعيار1	المعيار2	المعيار3	أ	ب	ج	د	
0	1	أ	أ	أ	أ	أ	أ	ب	13	1	1	0	
0	2	أ	ب	أ	أ	أ	أ	ج	9	2	3	1	
0	3	ج	أ	أ	أ	ج	د	ب	3	4	5	3	
0	4	أ	أ	أ	أ	ج	ج	أ	11	2	2	0	
0	5	أ	أ	أ	أ	أ	ج	ب	11	2	2	0	
0	6	ب	ب	أ	أ	أ	ج	أ	8	4	2	1	
0	7	أ	ب	أ	ب	ج	أ	ب	7	4	4	0	
0	8	أ	د	أ	أ	د	ج	ب	6	2	2	5	
0	9	أ	ب	أ	أ	أ	ج	ب	7	5	2	1	
0	10	أ	ب	أ	أ	ب	ج	أ	9	4	1	1	
0	11	د	د	أ	أ	ج	ج	ج	3	1	4	7	
0	12	ج	ج	أ	ج	ب	ج	ب	4	4	7	0	
0	13	ج	أ	أ	ب	ج	أ	أ	7	6	2	0	
0	14	ج	د	أ	أ	ب	أ	ب	4	4	5	2	
0	15	ب	ب	أ	ب	أ	أ	ب	10	5	0	0	
0	16	أ	أ	أ	أ	ب	ج	أ	10	3	2	0	
0	17	أ	أ	أ	أ	ج	أ	أ	13	1	1	0	
0	18	ب	أ	أ	أ	ب	أ	ب	8	6	1	0	
0	19	أ	أ	أ	أ	ج	ب	أ	8	5	2	0	
0	20	أ	ج	أ	ب	ب	ب	ب	4	8	3	0	
0	21	أ	ب	أ	ب	ب	أ	ج	6	8	1	0	
0	22	د	ج	أ	أ	ب	ج	ج	3	3	5	4	
0	23	أ	ج	أ	أ	ب	د	ب	3	9	1	2	
0	24	ب	أ	أ	ب	ج	أ	ب	6	6	3	0	
1	25	أ	ب	أ	أ	ج	د	ج	5	3	4	3	
1	26	ج	ج	أ	ب	ب	ج	ج	2	4	8	1	
1	27	ب	ب	أ	أ	ب	د	ب	2	11	1	1	
1	28	ب	د	أ	أ	د	ب	ب	5	6	2	2	
1	29	ج	ج	أ	ب	ب	ب	ب	3	8	3	1	
1	30	ب	أ	أ	ب	ب	ج	ب	7	7	1	0	
1	31	ب	د	ب	ب	ج	ج	ب	0	6	5	4	
1	32	أ	ج	أ	أ	ج	ج	ب	5	4	6	0	
1	33	أ	ب	أ	أ	ب	د	أ	6	4	4	1	
1	34	أ	ج	أ	أ	ج	ج	ج	4	3	8	0	
1	35	أ	أ	أ	أ	ب	د	ب	4	4	4	3	
1	36	ج	ج	أ	ج	ج	ج	ج	2	1	10	2	
1	37	ب	ب	أ	أ	ب	ب	أ	8	7	0	0	
1	38	أ	ج	ب	ب	د	د	ج	2	5	4	4	
1	39	أ	أ	أ	أ	د	ب	أ	6	8	0	1	
1	40	أ	ج	أ	ج	ب	ب	د	3	5	6	1	
1	41	ج	د	أ	ب	أ	د	د	2	3	1	9	
1	42	ب	ج	أ	أ	ج	د	ب	3	3	5	4	
1	43	أ	ب	أ	أ	ج	أ	أ	9	5	1	0	
1	44	أ	ب	أ	أ	ج	أ	ج	7	4	4	0	
1	45	ب	ج	أ	أ	ب	ج	ج	5	3	5	2	
1	46	أ	ج	أ	أ	د	د	ب	5	3	3	4	
1	47	أ	أ	أ	ب	د	د	ب	5	5	1	4	
1	48	أ	ب	أ	ب	ب	د	ب	6	7	1	1	
1	49	أ	ب	أ	ب	ج	د	ج	3	4	6	2	
1	50	أ	ب	ب	أ	أ	أ	ب	5	10	0	0	
1	51	ب	ب	أ	أ	ب	د	ج	2	6	3	4	
1	52	أ	ب	أ	ب	ب	ب	ج	4	8	2	1	
1	53	أ	ج	أ	أ	ج	د	ج	4	1	8	2	
1	54	ج	د	أ	ب	ب	د	ب	1	3	5	6	
1	55	ج	أ	أ	أ	ب	ج	ب	5	7	3	0	
1	56	أ	ج	أ	أ	ج	أ	ب	5	4	5	1	
1	57	ج	د	أ	أ	د	ج	ب	2	5	4	4	
1	58	ج	ج	أ	ب	ج	ج	د	1	2	4	8	
1	59	أ	أ	أ	أ	ج	ج	ب	6	2	7	0	

1	60	ج	ج	أ	ب	ب	د	ج	2	5	6	2
1	61	أ	د	أ	ب	د	أ	ج	7	4	2	2
1	62	ج	د	أ	ب	ج	د	أ	7	2	3	3
1	63	أ	ج	أ	أ	د	ج	ب	8	3	3	1
1	64	أ	ج	أ	أ	د	ب	أ	8	3	2	2
1	65	أ	ج	أ	ج	ج	أ	ب	4	4	4	3
1	66	ب	د	ب	ب	ج	ج	ب	2	4	3	6
1	67	ب	أ	ب	أ	ب	أ	أ	8	7	0	0
1	68	د	د	أ	أ	أ	أ	ب	8	3	2	2
1	69	ب	د	أ	د	ج	د	ج	2	4	5	4
1	70	د	ب	أ	ب	ج	ب	د	2	8	2	3
1	71	ج	أ	أ	ب	ب	أ	ب	6	7	1	1
1	72	ب	د	أ	أ	ج	ب	ب	6	3	4	2
1	73	ب	أ	أ	ب	ج	أ	ب	7	7	1	0
1	74	ب	أ	أ	أ	ج	ب	أ	8	5	2	0
1	75	ب	ج	أ	أ	ب	ب	أ	4	5	4	2
2	76	ب	ب	أ	ب	ج	أ	أ	6	8	1	0
2	77	أ	ب	أ	ب	ب	أ	أ	9	6	0	0
2	78	أ	أ	أ	أ	ب	أ	ب	11	4	0	0
2	79	أ	ب	أ	أ	ب	ب	ب	10	5	0	0
2	80	ج	ب	ب	أ	أ	ب	ب	8	5	2	0
2	81	ج	د	أ	د	أ	ج	ب	3	1	5	6
2	82	ب	أ	أ	أ	ب	أ	أ	10	5	0	0
مجموع	A	40	22	76	49	10	24	19				
	B	21	23	5	27	32	15	41				
	C	17	22	0	4	30	24	18				
	D	4	15	1	2	10	19	4				

الملحق 4: البطاقة 1 لشبكة تقييم الكفاءات الختامية

كفاءات التربية العلمية والتكنولوجية (البعد التكنولوجي) المعنية بالتقييمات في في نهاية مرحلة التعليم الابتدائي

الكفاءة الختامية	نمط التقييم	فترة التقييم	عدد المعايير
الاستخدام السليم والآمن للمادة	كتابي	خلال الفترة المقررة	4
التكيف مع الظواهر الفلكية			3

شبكة التقييم

I- الاستخدام السليم والآمن للمادة					
	المعايير	سلم التقدير			
		أ	ب	ج	د
1	تحديد شروط احتراق بعض الغازات ومخاطر الاحتراق غير الآمن				
2	قراءة إرشادات الاستخدام الآمن للمواد وتوظيفها				
3	اختيار المنبع المناسب لتغذية الأجهزة الكهربائية، والطرق الآمنة لاستخدامها				
4	الالتزام بالقواعد الأمنية للحماية من مخاطر التكهرب				
تقييم كفاءة الاستخدام السليم والآمن للمادة					
.....					

II- التكيف مع الظواهر الفلكية					
	المعايير	سلم التقدير			
		أ	ب	ج	د
1	تفسير الظواهر الفلكية المترتبة عن حركة الأرض حول الشمس				
2	إبراز مميزات الفصول الأربعة				
3	تكييف الأنشطة الحياتية مع متطلبات وخصائص كل فصل				
تقييم كفاءة التكيف مع الظواهر الفلكية					
.....					
تقييم الكفاءة الشاملة في بعدها التكنولوجي					
.....					
أ : تحكّم أقصى		ب : تحكّم مقبول		ج : تحكّم جزئي	د : تحكّم أدنى

- نسخة توضيحية / ز . ط -
- منقولة من مصدرها بتعديل -

الملحق 5: النموذج 1 لبطاقة سير نشاط المعالجة

بطاقة سير نشاط : معالجة بيداغوجية

المادة: علوم فيزيائية وتكنولوجيا	**المقطع:** الظواهر الكهربائية (س 1 م)	**الكفاءة الختامية:** الاستخدام السليم والأمن للمادّة (س 5 إ)

المعايير : - اختيار المنبع المناسب لتغذية الأجهزة الكهربائية، والطرق الآمنة لاستخدامها - الالتزام بالقواعد الأمنية للحماية من مخاطر التكهرب.

الصعوبة: - عدم التمكن من اختيار المنبع المناسب لتشغيل بعض الأجهزة بشكل آمن. **طبيعة الصعوبة ووصفها:** • **معرفياً:** ضعف التمييز بين المنابع الأساسية للتغذية الكهربائية. (الخلط بين التجهيزات الكهربائية من حيث نوع التغذية المناسبة لها). • **منهجياً:** صعوبة توظيف المكتسبات القبلية لتوصيل بعض الأجهزة الكهربائية بمنابع تغذيتها أو العجز على تشغيلها بالطرق الآمنة.	**المصادر المحتملة للصعوبة:** • غياب التجريب والممارسة التطبيقية. • نقص المعارف أو قلة استيعاب المفاهيم. • افتقاد القدرة على الإدماج وتجنيد التعلّمات. • الجهل ببعض الإرشادات وقواعد الأمن الكهربائي. • عدم إدراك أضرار الاستخدامات الغير سليمة للوسائل والتجهيزات الكهربائية.
المراجع: مناهج المادة لمرحلتي التعليم الابتدائي (س 5) والتعليم المتوسط (س 1). - مسودات إضبارات العمليات التكوينية حول "المعالجة البيداغوجية".	**السندات:** القائمة الإسمية للتلاميذ المعنيين بالمعالجة البيداغوجية، مرفقة بحصيلة مستويات تحكمهم في معايير الكفاءة.

النشاط	الخطوات	التوجيهات	الملاحظات
العنوان: تغذية الأجهزة الكهربائية. **الموضوع:** مطلب 1: * تعرّف على نوع منبع التغذية الكهربائية في كل صورة من الصور المرقّمة التالية: مطلب 2: * من بين الأجهزة الآتي ذكرها، صنّف في جدول التي تشتغل منها بكهرباء القطاع والأخرى التي تشتغل بالبطاريات: - لعبة إلكترونية - مكيف هوائي - آلة تحكم عن بعد - ثلاجة - مصباح جيب - غسّالة - ساعة حائطية - مكواة. مطلب 3: * ضع علامة (×) أمام التصرف الغير آمن والذي قد يعرّض صاحبه لمخاطر الكهرباء: 1) تنظيف أجهزة موصولة بالكهرباء واليد أو الأرضية مبلّلتان. 2) إصلاح التجهيزات المعطلة بعد قطع الكهرباء عنها. 3) استخدام أسلاك عارية من مادتها العازلة للربط الكهربائي. 4) الاستعانة بمختص أثناء القيام بالتركيبات الكهربائية.	1- اكتشاف التلميذ للخطأ: * عن طريق الممارسة الفردية أو في عمل الأفواج بعد تقديم: تمرين، أسئلة أو سندات... * قد تفي الصور السابقة بالغرض من خلال عرضها على التلميذ وتوجيهه، كي يكتشف أن: - وجود الأقطاب في العنصر المغذي وما يتطابق معها في الأجهزة، هو دليل على نوع التغذية الكهربائية بالبطاريات أو الأعمدة. - وجود المأخذ بالتركيبات المغذية والقابس (الآخذ) في التجهيزات، يدل على أن التغذية المناسبة لها هي كهرباء القطاع. 2- تصحيح التصورات: * يتوصل التلميذ لاستيعاب مفاهيم مثل: - ليس كل الأجهزة تشتغل بنفس الطريقة. - أي جهاز كهربائي له منبع مناسب لتغذيته. 3- التطبيق: * من الضروري هنا مراعاة ما يلي: - بعد تشخيص مكامن صعوبات التلاميذ بالضبط، يتم اعتماد المنهجية المبنية على تصويب أخطائهم. - التطرق لحلول جميع المطالب بمقاربات تشاركية. - استثمار الأداء الفردي والجماعي بالاستناد على مختلف أنماط التقييم وأساليب التغذية الراجعة. 4- التدريب: * نشاط عملي: تحضير الوسائل الآتية: آلة حاسبة، ساعة يد ذكية، هاتف محمول مع الشاحن، حاسوب وطابعة، بطاريات وأعمدة، منبع لكهرباء القطاع. - يُطلب من التلميذ إجراء استعمالات مفيدة وآمنة.	* تمكين التلميذ من التمييز بين منابع التغذية الكهربائية، يسهّل له التعرف على الطرق الصحيحة لتشغيل الأجهزة الكهربائية. * وجوب التذكير بالفوائد الهامة للكهرباء والتأكيد على احترام قواعد الأمن اللازمة لتجنب مخاطرها (الصعق الكهربائي، نشوب الحرائق...).	* يُقدّر الزمن المخصص للنشاط بساعتين، لكن الأستاذ له صلاحية أي تعديل، كإعادة ضبط تنظيم الخطوات أو تغيير السناريو المقترح لسير النشاط؛ وذلك حسب الصعوبات المكتشفة لدى التلاميذ ومدى تجاوبهم مع خطته العلاجية. * يسجّل الأستاذ كل ما يتعلق بتقييمه لنشاط المعالجة المنجز، من أجل تكييف الأنشطة الموالية لبلوغ الأهداف وتحقيق النجاعة المنتظرة.

- * * * - إعداد: زاوي الطيب (مفتش التعليم المتوسط لمادة العلوم الفيزيائية والتكنولوجيا) وهران، سبتمبر 2023 - * * * -

مشكلات الإنشاء في الهندسة: منهجية التحليل والتركيب

محمد شطيطح
أستاذ بقسم الرياضيات، مخبر تعليمية العلوم، المدرسة العليا للأساتذة بالقبة، الجزائر
mohamed.chetitah@g.ens-kouba.dz

قال ابن خلدون في مقدمته: "واعلم أن الهندسة تفيد صاحبها إضاءة في عقله واستقامة في فكره، لأن براهينها كلها بينة الانتظام جلية الترتيب، لا يكاد الغلط يدخل أقيستها لترتيبها وانتظامها، فيبعد الفكر بممارستها عن الخطأ وينشأ لصاحبها عقل على ذلك المهيع. وكان شيوخنا رحمهم الله يقولون: ممارسة علم الهندسة للفكر، بمثابة الصابون للثوب الذي يغسل منه الأقذار وينقيه من الأوضار والأدران. وإنما ذلك لما أشرنا إليه من ترتيبه وانتظامه." [1]

مقدمة

إن المتابع للإصلاحات المتعاقبة التي عرفتها المنظومة التربوية الجزائرية -منذ الاستقلال إلى اليوم- وما ترتب عنها من تغييرات مسّت برامج الرياضيات في كل المستويات التعليمية، له أن يلاحظ التغييرات الجذرية التي لحقت ببرامج الهندسة من حيث المحتوى الذي أُفرغ تدريجيا من كثير من الموارد المعرفية (قوة نقطة بالنسبة لدائرة، التعاكس، المحل الهندسي، إلخ)؛ وكذلك توسّع الهندسة التحليلية على حساب الهندسة الإقليدية. وبعد أن كانت مسائل الإنشاء والمحل الهندسي بمثابة الخبز اليومي للتلاميذ سواء على المستوى الثانوي أو المتوسط، اختصرت هذه المسائل في تمارين روتينية تعالَج في مناسبات قليلة مع استعمال مفاهيم معروفة ارتبطت بها. إضافة إلى اختصارها على خوارزميات إنشاء لا تكاد تخرج عن طابعها الإدراكي (باستخدام الحواس) والأداتي (باستخدام المسطرة والمدور) إلى طابعها الاستنتاجي (التجريد والبرهان) [2].

ويستمر تهميش مشكلات الإنشاءات والمحل الهندسي، ومن ورائها الهندسة الإقليدية، في التخصصات الرياضياتية على المستوى الجامعي. في أحسن أحوالها، تلبس الهندسة ثوبًا تحليليا وجبريا وتفاضليا. إلا أنّ هذا يبقى دون التطلعات، فالطالب وهو في نهاية تكوينه، يجد صعوبة في معالجة المشكلات الهندسية، خاصة المتعلقة منها بالإنشاء والمحل الهندسي. قد يُعزى ذلك إلى فقر علبة أدواته المعرفية (التحكم في المفاهيم الهندسية) والمنهجية (امتلاك مهارة حل المشكلات). وبالرغم من المآخذ على محتوى الهندسة في البرامج التعليمية، إلا أنّ المناهج الجديدة للرياضيات (2003، 2016 في التعليم المتوسط) تراهن على الأنشطة الهندسية لتحقيق الغايات المسطرة لتدريس الرياضيات في هذه المرحلة، وتوليها أولوية كبيرة في تنصيب مختلف الكفاءات.

1. من الهندسة الإدراكية والأداتية إلى الهندسة الاستنتاجية: من الرسم إلى الشكل

تأخذ كل الأنشطة الهندسية المنجَزة في التعليم الابتدائي (المتعلقة بالوصف وإنجاز مثيلات الأشكال والصنع) بعين الاعتبار النمو النفسي المعرفي للتلميذ. في مرحلة التعليم الابتدائي، يدرك التلميذ الأشكال بصفة إجمالية ولا يرى أولوية للخواص والارتباطات بينها في شكل استنتاجي.

لا يقتصر تعلّم الهندسة في مرحلة التعليم المتوسط على تطوير البعد الإدراكي لدى التلميذ والاستعمال الوجيه للأدوات الهندسية فحسب، بل يتعداها إلى الشروع في تعلّم هندسة استنتاجية تعتمد على التعاريف والخواص. يتأتى هذا بتمديد العمل على الاستدلال وتعلّم البرهان. وعلى هذا الأساس ينبغي أن يكمل الإدراك الإجمالي للأشكال عن طريق

الملاحظة بتمييزها بالخواص وذلك من بداية التعليم المتوسط، ليكون الانتقال بالتلميذ تدريجيا من هندسة ملاحظاتية و/أو أداتية إلى هندسة استنتاجية. وحتى نضمن ذلك يجب أن يدرك التلميذ حدود الملاحظة أو الأداة وهذا بالعمل، طوال فترة تمدرسه، على جعله يطرح إشكالية صحة النتائج التي يتحصل عليها عن طريق الملاحظة أو استعمال الأداة، ويعني أنّ هذا لا يسمح له باستخلاص حقائق، ولكن قد يساعده على وضع تخمينات وتأكيدها فيما بعد باستعمال معطيات ومعارف مؤسسة. وعليه ينبغي اقتراح أنشطة على التلميذ تسمح له بإدراك محدودية القياس لأجل الاستنتاج والإحساس بضرورة البرهان [4].

تعتبر التمثيلات ضرورية في ممارسة الهندسة وتعلّمها، بالرغم من أنّ الرياضيات الحديثة في ستينات القرن الماضي أرادت إقصاءها من التعليم. تسمح التمثيلات باستعمال الجانب الإدراكي من خلال توظيف الحواس، فهي تساعد على التجريب والملاحظة وتوليد تخمينات والتحقق من صحتها تجريبيا. لكن، يمكن أن يكون التمثيل مبهمًا، والمعارف المشاهدة ليست بالضرورة كائنات هندسية، ما يولد تفسيرات خاطئة. لهذا، فإن التمييز بين الرسم والشكل مهم جدا.

يتألف الشكل من مجموعة الأزواج المركبة من: مدلول، وهو المرجع النظري؛ ودال، وهو الرسم.

(دال، مدلول) = الشكل = (رسم، مرجع).

إنّ الرسم شيء مادي على حامل (ورقة مثلا) دال على مرجع نظري (شيء من نظرية هندسية، كالهندسة الإقليدية). ينتمي الرسم إلى مجموعة الرسومات الممكنة للمرجع. إذن الشكل هو شيء نظري معرّف بنص يصفه، شيء تخيلي، فكرة. في حين أنّ الرسم ما هو إلا توضيح للشكل [5] [3].

يتأثر تفسير شكل ما بعدة متغيرات، كالمعارف الرياضياتية للتلميذ (صحيحة، خاطئة، غير مكتملة، إلخ)؛ وكطبيعة الرسم وطريقة تقديمه، وهو ما يخلق الغموض وصعوبات التفسير. لا يتم الانفصال عن الرسم للوصول إلى الشكل بطريقة طبيعية، وتواجه هذا الانتقال صعوبات كثيرة. على التلميذ أن يتعلم التمييز بين الخصائص النظرية للشكل التي يمكن قراءتها من الرسم من جهة، وتلك التي هي خصائص في الرسم لا يمكن اعتبارها كمعطيات. لا يوظف التلاميذ الأشكال كأداة للتقصي أثناء مراحل البحث، يرجع هذا إلى النظرة البسيطة للشكل التي قد تقصي النظرة الرياضياتية عليه. يواجه التلاميذ صعوبتين تحول دون فهمهم للشكل الهندسي وتمييزه عن الرسم [6]:

- **النظرة الأولى على الرسم**: عدم القدرة على الانفصال عن النماذج والخصائص المشاهَدة من أول نظرة. يقدّر التلميذ أن الشكل يتوفر على معطيات بديهية كافية بذاتها ولا تتطلب برهانًا.
- **عدم القدرة على تمييز عناصر الحل الممكنة للمشكل المطروح**: يعني هذا أنّ التلميذ يركز اهتمامه على بعض أجزاء الشكل بدلًا من أخرى، أو أنه لا يفكر في إثراء الشكل بعناصر جديدة. لكن توجد عدة متغيرات في الشكل تجعل اختيار التلميذ يبدو عشوائيا، ويكون هذا الاختيار مفروضا مسبقا عندما يكون الحل معروفا.

أعطى المنهاج ووثيقته المرافقة أهمية بالغة للرسم والشكل كأدوات وكمواضيع لدراسة الهندسة في مرحلة التعليم المتوسط. وأكدت الوثيقتان أنه ينبغي تمكين التلميذ، منذ بداية التعليم المتوسط، من التمييز بين الرسم والإنشاء، وجعله يدرك المنتظَر من عمله أمام كل مهّمة منهما؛ باعتبار أن الرسم مهمة لإنجاز تقني لرسم أو شكل، أما الإنشاء فهو مهمة لإنجاز شكل. نقرأ في الوثيقة المرافقة التعريفَ الذي قدّم لمهمتي الرسم والإنشاء [4]:

- الرسم مهّمة أداتية بحتة، تتمثل في إنجاز شكل باليد الحرة أو الأدوات، وأيا كانت الإجراءات المستعملة فإن تبريرها غير مطلوب، المهم هو الحصول على شكل صحيح يحقق الشروط، وفي الرسم قد يلجأ التلميذ إلى المحاولة والتعديل.
- الإنشاء هو إنجاز شكل يحقق شروطًا معينة، وفق إجراءات مبنية على خواص الشكل المطلوب والشروط، بحيث يكون شرح الإجراءات المستعمَلة وتبريرها بنفس أهمية الشكل الناتج، وهي مهمة تجري في مرحلتين، أولاهما مرحلة

التحليل التي عادة ما تكون على شكل منجز باليد الحرة، وعلى هذا الشكل يتم البحث والتعرف على الشروط المتعلقة بخواصه واللازمة لإنجازه. عندما تحدّد هذه الشروط تأتي مرحلة التركيب وإنجاز الشكل المطلوب.

في نفس السياق، تولي الوثيقتان أهمية كبيرة لحل مشكلات الإنشاء، كون التلاميذ سيدركون أهمية مرحلة التحليل. ويتمثل نشاطهم فيها في:

- تكوين صورة ذهنية للشكل المطلوب، ورسمه باليد الحرة؛
- استعمال التشفير المناسب؛
- التعرف على خواص الشكل، وتحديد الوجهة منها؛
- تحديد إجراءات التركيب المناسبة.

2. منهجية التحليل والتركيب

يُحكى أنّ بطليموس الأول سأل أقليدس ما إذا كانت هنالك أية كيفية لدراسة الهندسة أقصر من تلك الواردة في كتاب الأصول. فكان الجواب أنه لا توجد طريقة مَلكية نحو الهندسة. ولا شك أن هذا يتعدى إلى المشكلات الرياضياتية عامة [7]. بالإضافة إلى إنفاق وقت غير يسير في المحاولة الجادة والمستمرة في حل المشكلات، فإنّ التصرف بكياسة أمام مسائل الإنشاء الهندسي يتطلب معرفة ببعض المصطلحات الأساسية والإنشاءات القاعدية، وتطبيق استراتيجيات حل واضحة المعالم تساعد على حشد مختلف الموارد المعرفية والمنهجية للوصول إلى المطلوب.

يجد التلاميذ والطلبة صعوبات كثيرة لحل مشكلات الإنشاء. في محاولاتهم الأولى، يطبّقون جملة من الإجراءات التي تتصف بغياب منهجية حل واضحة، إضافة إلى عدم تحكمهم في كثير من الإنشاءات القاعدية الضرورية وعدم امتلاكهم للموارد المعرفية الهندسية اللازمة. من خلال معالجة المشكل 1، استخدمنا منهجية التحليل والتركيب لمعالجة مشكلات الإنشاء، وبيّنا مدى أهميتها وكذلك مختلف الصعوبات التي تواجه المتعلمين أثناء تطبيقها.

المشكل1. لتكن A و B نقطتين مختلفتين من المستوي، ولتكن C(O, r) دائرة مركزها O ونصف قطرها r.
أنشئ متوازي الأضلاع ABPQ بحيث تكون النقطتان P و Q من الدائرة C.

1.2. فهم المشكل

يؤول حل مشكل إنشاء إلى إنشاء نقطة أو أكثر. كما تساعد إعادة صياغة المشكل في تحديد النقط المراد إنشاؤها بدقة. لإنشاء متوازي أضلاع، يكفي تحديد ثلاثة رؤوس منه، وعليه فإن إنشاء متوازي الأضلاع ABPQ وفق الشرط المحدّد، يؤول إلى إنشاء النقطة Q (أو P) من الدائرة C والتي تؤدي حتما إلى انتماء النقطة P (أو Q) إلى الدائرة عند إنشاء متوازي الأضلاع. كذلك، فإن إنشاء النقطة Q (أو P) يؤول إلى إنشاء مستقيم أو دائرة نسميه E (المعطى الجديد) يشمل Q (أو P). نختار فيما يأتي من الحل، العمل على إنشاء النقطة Q.

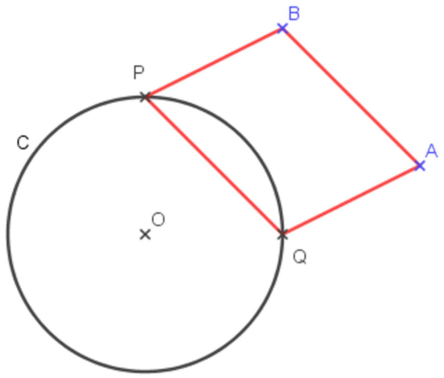
أمام مشكل إنشاء، غالبًا ما نستخدم منهجية التحليل والتركيب، وهي منهجية مكونة من ثلاث مراحل: التحليل والتركيب والمناقشة. شرحنا هذه المنهجية من خلال مختلف مراحل حل المشكل1. كما حددنا الصعوبة التي تواجه المتعلم أثناء تطبيقه لهذه المنهجية.

2.2. التحليل

تكون الانطلاقة من النتيجة المراد الوصول اليها، ويتم الارتقاء إلى المعطيات حيث تعوض النتيجة بقضية أو نتيجة جديدة، وهذه بأخرى ويستمر هذا الإجراء إلى أن تكون آخر قضية أو نتيجة حاصلة مباشرة من المعطيات. يكمن جوهر التحليل في اكتشاف علاقة تمكّننا من اعتبار في حكم المعطى جزءًا ما جديدًا من الشكل غير وارد في المعطيات [7].

دون وجود معلومات إضافية، فإننا غالبًا ما نواجه صعوبة في إنشاء E. لرفع هذه الصعوبة يمكننا المضي قدمًا في التحليل للبحث عن الشرط اللازم (انتماء Q إلى E) الذي يحققه الكائن المطلوب إنشاؤه.

ننشئ الشكل في حالته النهائية بافتراض أن كل الشروط محققة، ونحاول تحويل هذه الشروط إلى شروط أخرى محققة حتما إذا كانت الشروط الأصلية محققة. ونواصل التحويل إلى أن نعثر على علاقة تمكننا من إنشاء E انطلاقا من معطيات المشكل فقط.



توجد الكثير من الخواص التي يمكن استخراجها، لكن ما هي التي توصلنا إلى إنشاء E؟

تكمن صعوبة مشكلات الإنشاء في هذه المرحلة من التحليل، وهذا هو السبب الأساسي لاستخدام طريقة التخلي عن القيد لتجاوز هذه الصعوبة كما سنبين لاحقًا.

بما أنّ الرباعي ABPQ متوازي أضلاع فإن $|\overrightarrow{PQ}| = |\overrightarrow{BA}|$، وعليه تكون النقطة Q صورة النقطة P بالانسحاب الذي شعاعه $\overrightarrow{BA}$. بما أن P تنتمي إلى الدائرة C فإن Q تنتمي إلى الدائرة C'(O', r) صورة الدائرة C بنفس الانسحاب. C' هو المعطى الجديد E والذي يمكن إنشاؤه انطلاقا من معطيات المشكل فقط. ننتهي هنا من مرحلة التحليل وندخل في مرحلة التركيب.

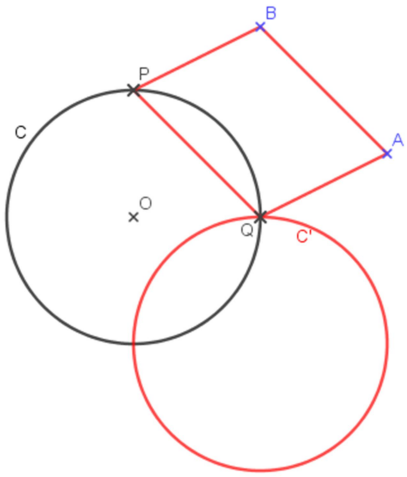
3.2. التركيب

تتكون مرحلة التركيب من جزءين:

أ- **الإنشاء**: وهو صياغة خوارزمية الإنشاء انطلاقا من معطيات المشكل والمعطى E الناتج عن التحليل. ننشئ معطيات المشكل، ثم ننشئ الدائرة C' صورة الدائرة C بالانسحاب الذي شعاعه $\overrightarrow{BA}$ ونسمي Q نقطة تقاطع الدائرتين C و C' ثم ننشئ متوازي الأضلاع ABPQ.

ب- **الإثبات**: نثبت أن الشكل الناتج يحقق كل المعطيات، نلاحظ من خلال الشكل المنشأ، أن النقطة P تنتمي إلى الدائرة C، لكن يجب إثبات ذلك. للإثبات يكفي الرجوع إلى مرحلة التحليل وإعادة صياغة البرهان لكن بترتيب عكسي.

بما أن الرباعي ABPQ متوازي أضلاع فإن $|\overrightarrow{QP}| = |\overrightarrow{AB}|$، وعليه تكون النقطة P صورة النقطة Q بالانسحاب الذي شعاعه $\overrightarrow{AB}$ (الانسحاب العكسي للانسحاب المستخدم في مرحلة التحليل). بما أن Q تنتمي إلى الدائرة C' فإن P تنتمي إلى الدائرة C صورة الدائرة C' بنفس الانسحاب.



4.2. المناقشة

ندرس خلال هذه المرحلة وجود وعدد الحلول تبعًا للقيد الذي نضعه على المعطيات. تخصص مرحلة المناقشة لدراسة وجود وعدد متوازيات الأضلاع التي يمكن إنشاؤها تبعًا للشروط التي نضعها على معطيات المشكل. يؤول ذلك إلى دراسة الحالات النسبية للدائرتين C و C' من خلال تحديد عدد نقط تقاطعهما. يمكن أن نميز ثلاث حالات كما هو مبين في الجدول، وتبقى حالة أخيرة شاذة تتعلق بوجود النقط الأربعة على استقامية.

القيد على المعطيات	$AB > r$	$AB = 2r$	$0 < AB < 2r$
عدد متوازيات الأضلاع الممكن إنشاؤها	لا يمكن الإنشاء	1	2

خاتمة

عند معالجة مشكلات الإنشاء الهندسي في القسم (أو في كتاب)، غالبًا ما لا تظهر مرحلة التحليل، ويكتفى بمرحلتي التركيب والمناقشة، ويظهر المعطى الجديد E (الناتج عن مرحلة التحليل) ويستخدم في الإنشاء مباشرة. يؤدي ذلك إلى حيرة التلميذ (أو القارئ) لهذا الظهور المفاجئ لهذا الكائن الجديد وتتبادر إلى ذهنه الكثير من التساؤلات: من أين جاء؟ كيف حصلنا عليه؟ لماذا نستخدمه وهو غير موجود في المعطيات؟ كيف أتصرف مع مشكلات مشابهة؟

يمكن تشبيه نشاط حل مشكل إنشائي بالجبل الجليدي الذي يظهر جزء منه فوق السطح، في حين يبقى الجزء الأكبر مغمورا تحت الماء. لهذا، فإن عرض نص حل مباشرة يخفي أهم فترة من معالجة المشكل وهي فترة البحث والتقصّي. لا شك أن تطبيق منهجية التحليل والتركيب (خاصة في مراحل التعليم الأولى) في حل مشكلات الإنشاء يخلق صعوبة (بالخصوص في مرحلة التحليل) للتلميذ والأستاذ، هذا لتعلّمه وذاك لتعليمه. إلا أن هذا لا يبرر تقديم الحلول الجاهزة للمتعلم ولا يعتبر سببًا وجيهًا لإبعاد هذا النوع من المشكلات عن القسم، والاكتفاء بتعليم خوارزميات الإنشاء فقط.

ننشر في العدد القادم من مجلة البشائر مقالًا نعرض فيه منهجية التحليل والتركيب من زاوية أخرى، من خلال تقديم طريقة التخلي عن القيد التي تتضمن إجراءات بحث وتقصٍّ من شأنها أن تساعد على إيجاد مؤشرات دالة على

الخواص المفتاحية ذات الصلة بالإنشاء، والتي نعتقد بأنها تمكّن من تجاوز الصعوبات الكامنة في مرحلة التحليل التي أشرنا إليها سابقا.

المراجع

[1] ابن خلدون، مقدمة ابن خلدون، دار الأرقم بن أبي الأرقم، بيروت، 2001.

[2] شطيطح، م.، قاشي، م.، بوبكر، ز.، بولبداوي، أ.، من مشكلات الإنشاء إلى مشكلات المحل الهندسي: استخدام طريقة التخلي عن قيد في وسط رقمي، المربي، المجلة الجزائرية للتربية، العدد 28، 2022، 23-30.

[3] عتيق، ي، وآخرون، التكوين الخاص بأساتذة المدرسة الأساسية لطور الثالث في إطار الجهاز المؤقت، وحدة الإنشاءات الهندسية، وزارة التربية الوطنية، الجزائر، 2000.

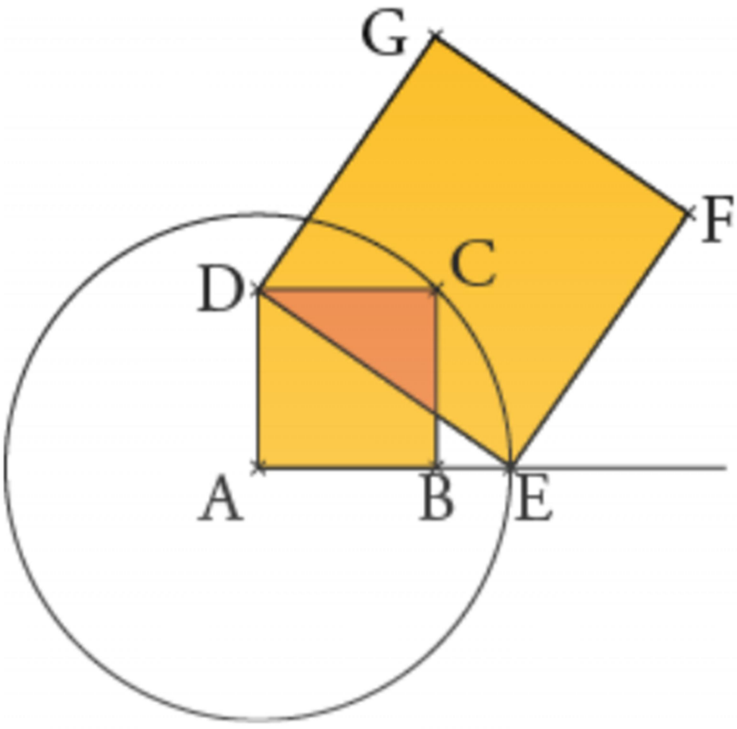
[4] اللجنة الوطنية للمناهج، الوثيقة المرافقة لمنهاج مادة الرياضيات لمرحلة التعليم المتوسط، الديوان الوطني للمطبوعات المدرسية، وزارة التربية الوطنية، الجزائر، 2016.

[5] Capponi, B., De la géométrie de traitement aux constructions dans Cabri-Géomètre II au collège, Repères-IREM, 40, 2000, 11-42.

[6] Duval, R., Les différents fonctionnements d'une figure dans une démarche géométrique, Repères-IREM, 17, 1994, 121-138.

[7] Laborde C., et Capponi, B., Cabri-géomètre constituant d'un milieu pour l'apprentissage de la notion de figure géométrique, Recherche en Didactique des Mathématiques, 14(1.2), 1994, 165-210.

****



رياضيات وتعليمية

شريط موبيوس

حمزة خليف
أستاذ الرياضيات، متقاعد
hkhelif@gmail.com

يستعمل النصّ الحروف العربية الإضافية الآتية في كتابة بعض أسماء العَلَم الأعجمية:

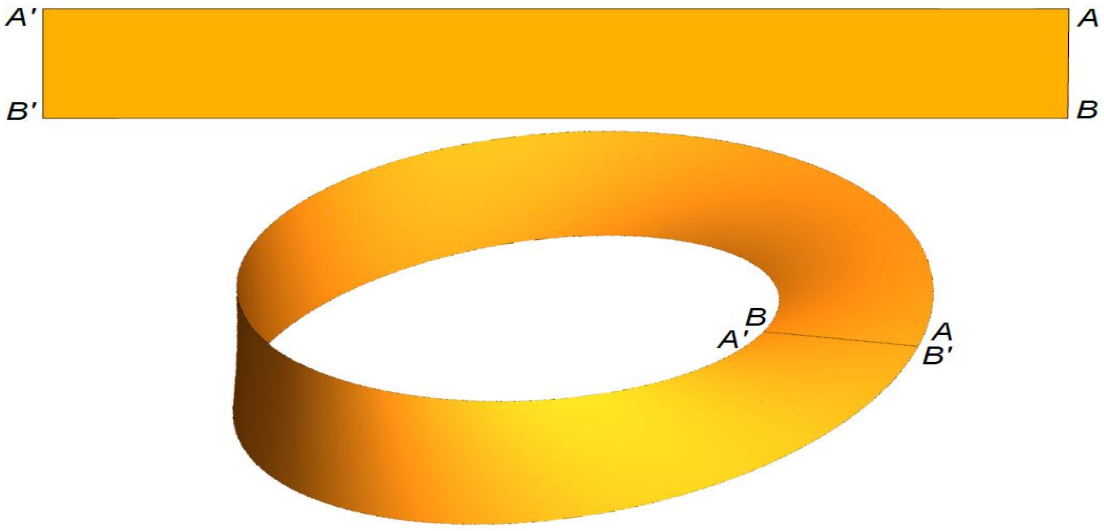
پ(p)، ڤ (g)، ڥ (v)، ٻ (é، è، e، ...)، ۆ (e، eu، œ)، و(o)، وُ(ou).

يقدّم المقال لمحة مختصرة على شريط موبيوس وهو أوّل سطح أحاديّ الجانب عرفه الإنسان. لم يتمّ وصف خصائص السطوح أحادية الجانب حتّى منتصف القرن التاسع عشر. من ذلك الحين استمرّت شعبية هذا السطح وتطبيقاته في النموّ وأصبح جزءًا لا يتجزأ من الرياضيات والهندسة والعلوم والفنّ والموسيقى والسحر.

1. شريط موبيوس

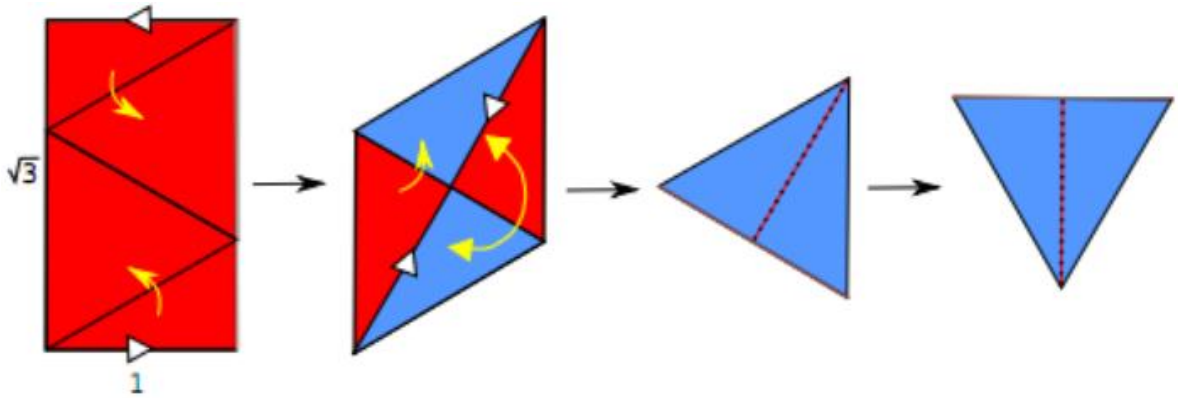
شريط موبيوس (أو عصابة موبيوس) هو سطح بجانب واحد وبحدّ واحد، يمكن بسهولة صناعة نموذج له عن طريق قصّ ورقة على شكل شريط، نُدير أحد طرفي هذا الشريط نصف دورة أيْ 180درجة، ثم نُلصق هذا الطرف بالآخر لنحصل على شريط بوجه واحد (الشكل 1).

في الحقيقة يكون لدينا في الفضاء الإقليديّ نوعان من شريط موبيوس اعتمادًا على اتجاه نصف الدورة: إما في اتجاه حركة عقارب الساعة، أو عكس اتجاه حركة عقارب الساعة.



الشكل 1

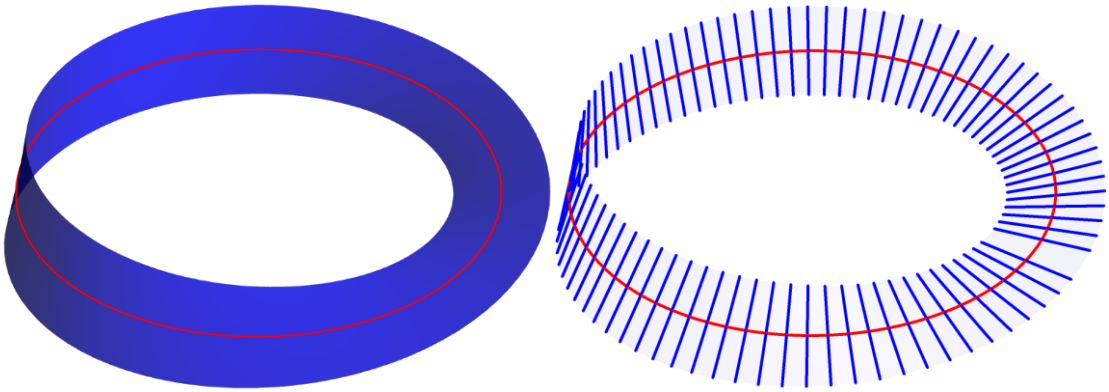
تمّ مؤخّرا (المرجع 7) إثبات أنّه لكي يحصل المرء على شريط لموبيوس خالٍ من الطيّات يجب أن تكون نسبة طول الشريط إلى عُرضه أكبر من $\sqrt{3}$. يُدعى شريط موبيوس الناتج من شريط نسبة طوله إلى عرضه $\sqrt{3}$ شريط موبيوس المثلّثيّ لأنّ منظره العلويّ مثلّث متقايس الأضلاع (الشكل 2).



الشكل 2 (أحد جانبَيْ المستطيل الورقيّ أحمر والآخر أزرق)

يُعزى اكتشاف شريط موبيوس بشكل مستقلّ إلى الرياضياتيَيْن الألمانيَيْن أوغست فيرديناند موبيوس، وجون بينديكت ليستينغ عام 1858، مع العلم أنّه ظهر قبل ذلك في حقب مختلفة من التاريخ.

يمكن توليد شريط موبيوس بقطعة مستقيمٍ مركزها يمسح دائرة (طوبولوجية) ثابتة وتخضع لدوران منتظم قياسه 180 درجة حول مركزها (الشكل 3).



الشكل 3

يتمثّل ذلك رياضياتيا في الخطوات الآتية.

نأخذ في الفضاء ثلاثيّ البعد المزوّد بمعلم متعامد ومتجانس، نرمز إليه تجاوزا بـ $Oxyz$، قطعة المستقيم والدائرة المعرّفتين على التتابع بالتوسيطين

$$s \mapsto (s,0,0), -b \le s \le b \quad \text{و} \quad t \mapsto (r\cos t, r\sin t, 0), 0 \le t < 2\pi.$$

نجري على القطعة الدوران الذي قياسه $0.5t$ حول المحور Oy وهو معرّف بالمصفوفة

$$\begin{pmatrix} \cos 0.5t & 0 & -\sin 0.5t \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin 0.5t & 0 & \cos 0.5t \end{pmatrix}$$

فنحصل على التوسيط

$$(s,t) \mapsto (s\cos 0.5t, 0, s\sin 0.5t).$$

نجري على هذا التوسيط السحْب (أو الانسحاب) المعرّف بالمصفوفة العمودية

$$\begin{pmatrix} r \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

لينتج التوسيط

$$(s,t)\mapsto\left(r+s\cos 0.5t, 0, s\sin 0.5t\right).$$

نجري أخيرا على التوسيط الناتج هذا، الدوران الذي قياسه t حول المحور Oz والمعرّف بالمصفوفة

$$\begin{pmatrix} \cos t & -\sin t & 0 \\ \sin t & \cos t & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

فنحصل على التوسيط الآتي لشريط موبيوس

$$(s,t)\mapsto\left(\left(r+s\cos 0.5t\right)\cos t, \left(r+s\cos 0.5t\right)\sin t, s\sin 0.5t\right),\ |s|\le b, 0\le t<2\pi.$$

والذي يأتي من تركيب التحويلات السابقة

$$\begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix}=\begin{pmatrix} \cos t & -\sin t & 0 \\ \sin t & \cos t & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}\left[\begin{pmatrix} r \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}+\begin{pmatrix} \cos 0.5t & 0 & -\sin 0.5t \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin 0.5t & 0 & \cos 0.5t \end{pmatrix}\begin{pmatrix} s \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}\right].$$

الغرض من اختيار $0.5t$ لقياس الدوران حول المحور Oy هو أنّ القطعة المولِّدة يجب أن تُجريَ نصف دورة فقط حول مركزها مقابل دورة كاملة على الدائرة الموجّهة.

في المقابل، إذا كان لدينا توسيط من هذا الشكل فإنّ المنحنيات $t=t_0$ مع بقاء الوسيط s ثابتا هي بالفعل قطع مستقيمٍ تربط بسرعة منتظمة النقطتين $(t_0, -b)$ و (t_0, b). طول هذه القطع هنا هو إذن $2b$.

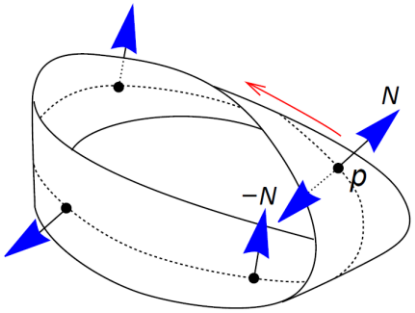
المنحني المتعلّق بـ $s=0$ دائرة قطرها $2r$ في المستوي ذي المعادلة $z=0$، وهي تمثّل مسار مركز القطع.

دون الإضرار بالعمومية، يمكننا أن نفترض أنّ $b=1$. الإنشاء عن طريق إلصاق شريط بعدَ ليّه نصف دورة يتلخّص في القول إنّ شريط موبيوس هو "طارة تطبيق" المستشاكل

$$[-1,1]\to[-1,1],\ x\mapsto -x,$$

أيْ أنّ شريط موبيوس هو حاصل قسمة الجُداء $[-1,1]\times[0,1]$ وفق علاقة التكافؤ $(x,1)\sim(-x,0)$. فشريط موبيوس هو إذن مليَّف قاعدته دائرة وليفته قطعة مستقيم وهو محلّيا جُداء دائرة وقطعة، ولكن ليس شموليا مثل الأسطوانة.

شريط موبيوس غير قابل للتوجيه (الشكل 4) بمعنى أنّه إذا أخذنا شعاعا متعامدا N على السطح في نقطة p وحرّكناه باستمرار حول السطح حتّى يعود إلى p ، فسيأخذ الاتجاه $-N$. بمعنىً آخر، سيعود السهم المنحني الذي يشير إلى اتجاه حركة عقارب الساعة (↻) كسهم يشير إلى عكس اتجاه حركة عقارب الساعة (↺)، أيْ أنّه داخل شريط موبيوس، من المستحيل تحديد ما يعنيه أن تكون في اتجاه عقارب الساعة أو عكس اتجاه عقارب الساعة. وهذه هي علامة على عدم قابلية التوجيه. نشير بالمناسبة أنّ سطحا ما يكون غير قابل للتوجيه إذا وفقط إذا كان يحوي شريطا لموبيوس.



الشكل 4

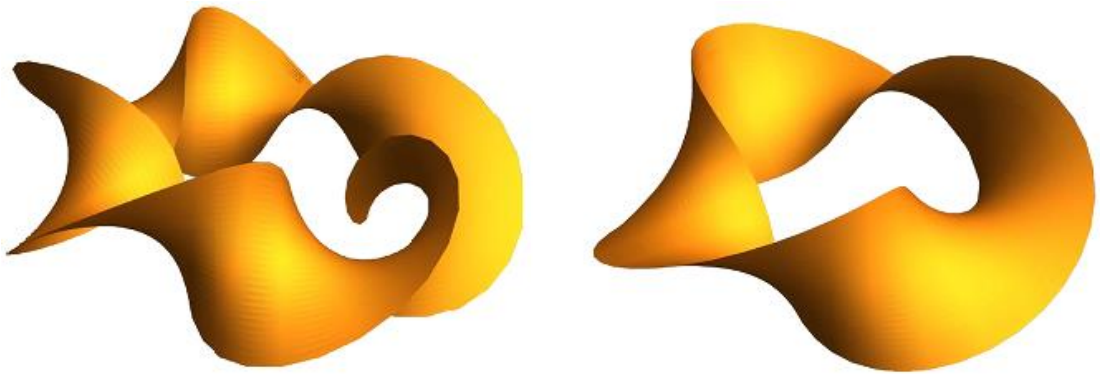
2. شريط موبيوس المتعدّد

بشكل عامّ، شريط موبيوس المتعدّد، هو السطح الذي يتمّ الحصول عليه عن طريق التدوير المنتظم لقطعة ذات طول ثابت حول دائرة بدوران نصف دورة، أو بشكل عامّ، بعدد فرديّ من أنصاف دورة ; هذه النطاقات المختلفة هي مستشاكلة، ولكنّها غير صِنوة (non isotopes) في $\mathbf{R}^3$ ، أي أنّنا لا نستطيع الانتقال بشكل مستمرّ من واحد إلى آخر، ولكلّ عدد من أنصاف دورة، هناك صنفان من الصنويّة، صوَرُ مرآة لبعضها البعض.

يعرَّف شريط موبيوس المتعدّد بالتوسيط

$$(s,t)\mapsto\left((a+s\cos 0.5\,mt)\cos t,(b+s\cos 0.5m\,t)\sin t,s\sin 0.5m\,t\right),$$

حيث m عدد صحيح فرديّ و $|s|\le b, 0\le t<2\pi$ (الشكل 5).



الشكل 5

3. شريط موبيوس الدائريّ

شريط موبيوس الدائريّ (الشكل 6) هو شريط لموبيوس حدّه دائرة (مستوية بالطبع) وهو معرّف بالتوسيط

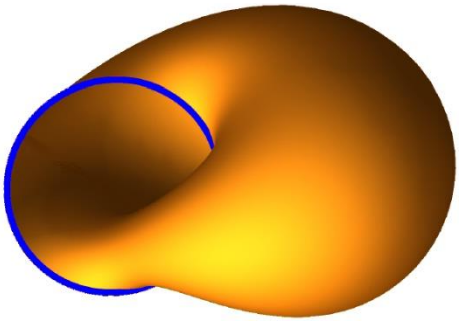
$$(s,t)\mapsto\left(x(s,t),y(s,t),z(s,t)\right)$$

حيث

$$x(s,t)=\frac{-2a\sin s\cos 2t}{-2+\sqrt{2}\cos s\sin t+\sqrt{2}\sin s\sin 2t}$$

$$y(s,t)=\frac{a\sqrt{2}(\cos s\sin t-\sin s\sin 2t)}{-2+\sqrt{2}\cos s\sin t+\sqrt{2}\sin s\sin 2t}$$

$$z(s,t)=\frac{-2a\cos s\cos t}{-2+\sqrt{2}\cos s\sin t+\sqrt{2}\sin s\sin 2t}.$$



الشكل 6

4. سطح موبيوس

سطح موبيوس هو سطح مسطّر غير قابل للنشر ناتج عن دوران مستقيم في مستو يدور هو الآخر حول أحد مستقيماته بسرعة زاوية تساوي ضعف سرعة المستقيم الأوّل (الشكل 7 (ا)).

يتمّ تعريفه، في الإحداثيات الديكارتية، بالتوسيط

$$(s,t)\mapsto\left(\left[a+s\cos 0.5t\right]\cos t,\left[a+s\cos 0.5t\right]\sin t,s\sin 0.5t\right),0\le t\le 2\pi,s\in\mathbf{R}.$$

يُسمّى سطحُ موبيوس بهذا الاسم لأن جزأه الذي يتمّ الحصول عليه من أجل $-b\le s\le b$ ، حيث $b\le a$ ، هو شريط موبيوس (الشكل 7 (ب)).

يمكن تعريفه أيضًا أنّه السطح المسطّر الموجّه بدائرةٍ، ومحورِ هذه الدائرة ومستقيمٍ مائل بـ 45 درجة على مستوي هذه الدائرة، مسقطه مُماسّ للدائرة.

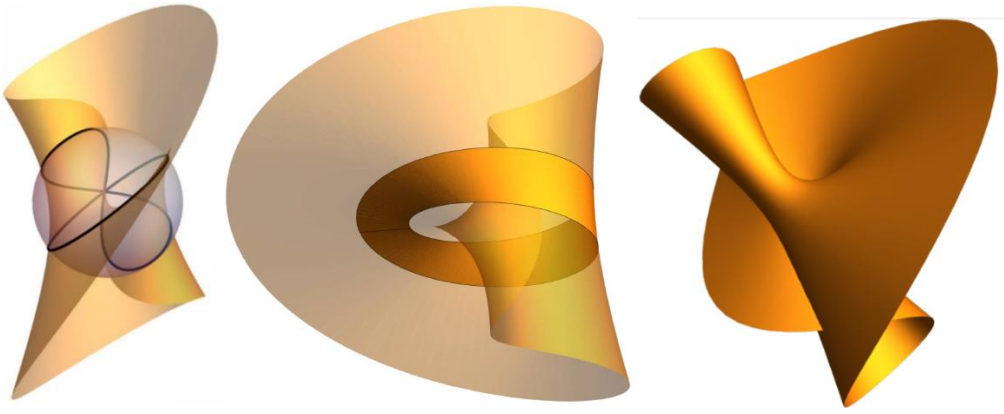
ويتمّ تعريفه ضمنيًا بالمعادلة الديكارتية

$$y^3+x^2y-2y^2z-2x^2z-2axz+yz^2-a^2y=0.$$

تقاطع هذا السطح مع الكرة التي مركزها O وشعاعها a يتكوّن من دائرة كبيرة للكرة ومن منحني فيفياني أو نافذة فيفياني (الشكل 7 (ج)) المعرّفة بالتوسيط

$$t\mapsto\left(a\cos^2 t,a\sin t\cos t,a\sin t\right),t\in[-\pi,\pi].$$

نغتنم هذه الفرصة لنذكّر أن نافذة فيفياني هذه هي في الأصل تقاطع كرة وأسطوانة مماسّة للكرة وتشمل مركزها.



(ج) (ب) (ا)

الشكل 7

5. شريط موبيوس ومسألة المنازل الثلاثة

مسألة المنازل الثلاثة

مسألة المنازل الثلاثة أو مسألة المنافع الثلاث هي مسألة من صميم نظرية البيانات يتمّ التعبير عنها بطرق شتّى، من بينها ما يأتي.

"المطلوب تزويد ثلاثة منازل بالماء والغاز والكهرباء. ولأسباب تتعلّق بالسلامة يُحظَر عبورُ الأنابيب لبعضها البعض. كيف ينبغي أن يتمّ ذلك؟"

هذه المسألة لا تقبل حلّا في المستوٍ ي ولا على الكرة، عل سبيل المثال، لكنّها تقبل حلّا على شريط موبيوس (الشكل 8) من بين سطوح أخرى كالطارة وزجاجة كلاين.

في المستوي أو على الكرة، ... حلّ على شريط موبيوس

الشكل 8

هذه المسألة كما أشرنا تتعلّق بنظرية البيانات ومفادها: "هل البيان $K_{3,3}$ مستو؟"

نذكّر أنّ كلّ بيان لا تتقاطع فيه حافّتان يُدعى بيانا مستويا.

6. العدد اللونيّ لشريط موبيوس

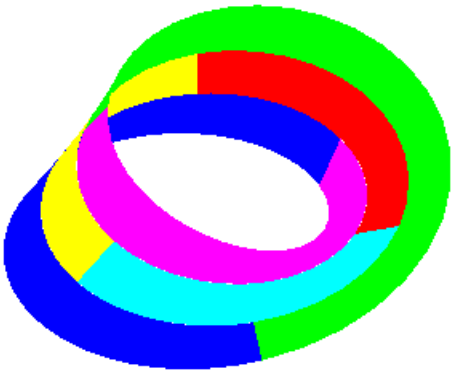
العدد اللونيّ لسطحٍ ما، يُعرّف بتعبيرات شتّى، منها :

ا) هو الحدّ الأعلى لعدد المناطق التي يمكن رسمها على السطح بحيث تكون لكلّ منطقة حدود مشتركة مع كلّ منطقة أخرى. إذا قمنا بتعيين لون مختلف لكلّ منطقة، فإنّ كلّ لون سيمسّ كلّ الألوان الأخرى.

ب) هو الحدّ الأدنى لعدد الألوان المختلفة الكافية لتلوين خريطة على سطح معيّن بحيث لا تكون منطقتان متجاورتان بنفس اللون. وهذا يعود إلى تمثيل السطح من خلال بيان وتحديد الحدّ الأدنى لعدد الألوان المختلفة الكافية لتلوين جميع الرؤوس بحيث لا يكون هناك رأسان متجاوران بنفس اللون.

بالنسبة إلى جزء مستو فإنّ أربعة ألوان كافية.

عندما نخيط شريطا لموبيوس وقرصا حافّةً إلى حافّة، نحصل على مستو إسقاطيّ حقيقيّ يمكن تغميسه في: القبّعة المتقاطعة أو السطح الرومانيّ أو سطح بُويْ. وبناء على ذلك فإنّ العدد اللونيّ لشريط موبيوس هو العدد الخاصّ بالمستوي الإسقاطيّ، وهو 6.



في هذه الخريطة المكوّنة من ستِّ مناطقَ مرسومةٍ على شريط موبيوس، تلامس كلّ منطقة المناطق الخمس الأخرى؛ 6 هو الحدّ الأقصى الممكن، ويمكن تلوين أيّ خريطة بـ 6 ألوان على الأكثر.

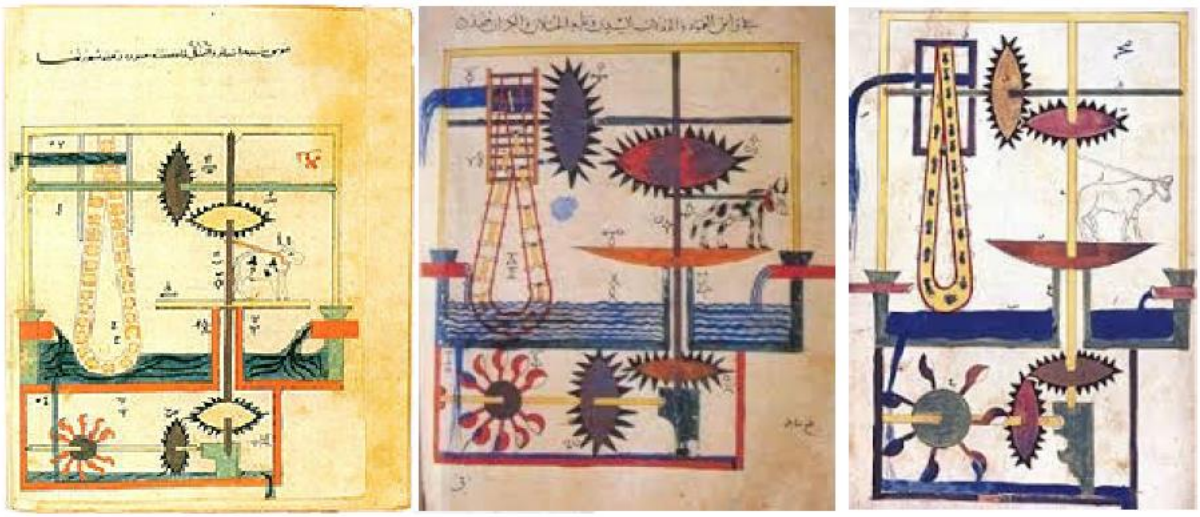
الشكل 9

7. شريط موبيوس في الصناعة والفنّ

1.7 في الصناعة

بغضّ النظر عن التقاليد الرياضياتية، عرف الميكانيكيون منذ فترة طويلة أنّ الأحزمة الميكانيكية تتآكل بنصف السرعة عندما تكون على شكل شريط موبيوس، لأنّها تستخدم سطح الحزام بالكامل بدلا من السطح الداخليّ للحزام غير الملتوي. بالإضافة إلى ذلك، قد يكون هذا الحزام أقلّ عرضة للتجعيد من جانب إلى آخر.

يعود الوصف المكتوب المبكّر لهذه التقنية إلى عام 1871، أيْ بعد المنشورات الرياضياتية الأولى المتعلّقة بشريط موبيوس. قبل ذلك بكثير، تعرضُ صورة "لمضخّة مائية" في كتاب أبي العزّ اسماعيل الجزريّ "الجامع بين العلم والعمل النافع في صناعة الحيل" من عام 1206، سلسلة القيادة الخاصة بها مصنوعة على شكل شريط موبيوس (الشكل 10).



صوَرٌ لمضخّة الجزريّ من نسخ مختلفة من كتابه.

الشكل 10

إنّ التطبيقات العمليّة لشريط موبيوس كثيرة في عالم الاختراعات. على سبيل المثال، تُستخدم شرائط موبيوس في أشرطة التسجيل ذات الحلْقة المستمرّة، وأشرطة الآلة الكاتبة، وخراطيش طباعة الحواسب.

في السنوات 1960، استخدمت مختبرات ساندیا أيضًا شرائط موبيوس في تصميم المقاومات الإلكترونية القابلة للتكيّف. تستخدم أحزمة النقل شرائط موبيوس لأنّها تسمح لمساحة سطح الحزام بأكملها بتلقّي قدر متساوٍ من التآكل، ما يجعله يدوم لفترة أطول.

تمّ تصميم شريط موبيوس أيضًا ليناسب العديد من المنتجات الفنّية والثقافية. أظهرت لوحاتٌ عديدةٌ أشكالا شتّى من شرائط موبيوس، وكذلك فعلت أقراط وقلائد وقطع مجوهرات أخرى.

نجد شريط موبيوس في العلامة العالمية ذات الأسهم الثلاثة الخضراء لإعادة التدوير منذ يوم الأرض الأول في عام 1970. ليس التدوير مجرّد عمل دائريّ؛ إنّه ديناميكية. يسعى الرمز إلى تمثيل الجوانب الثلاثة المترابطة للحلْقة المستدامة: جمع المواد التي سيتمّ إعادة تدويرها، وتصنيع المواد المعاد تدويرها إلى منتجات جديدة، وشراء المنتجات المصنوعة من المواد المعاد تدويرها واستخدامها. ينثني كل سهم ويدور حول نفسه، بينما تلاحق الأسهم الثلاثة بعضها البعض وتدعم بعضها البعض (الشكل 11).

الشكل 11

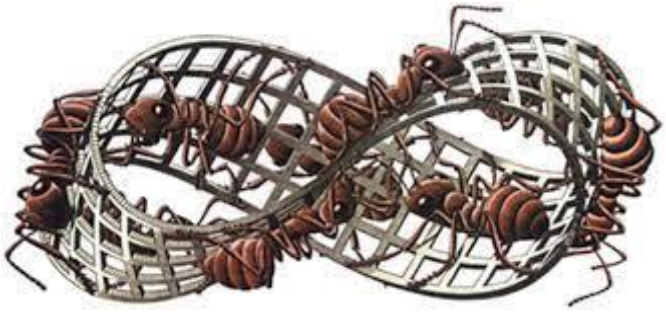
2.7 في الهندسة المعمارية

كانت شرائط موبيوس مصدر إلهام متكرّر للتصميم المعماريّ للمباني والجسور. ومع ذلك، فإنّ العديد منها كان مجرّد مشاريعَ وتصميماتٍ ولم يكن كائنات مبنية. ومن الأمثلة على ذلك مكتبة كازاخستان الوطنية، التي تم التخطيط لمبناها على شكل شريط موبيوس سميك ولكن تمّت إعادة صقله بتصميم مختلف بعد انسحاب المهندسين المعماريّين الأصليّين من المشروع. أحد المباني البارزة التي تضمّ شريط موبيوس هو قاعة مشاهير ناسكار، (الشكل 12) والتي يحيط بها شريطٌ ملتوٍ كبيرٌ من الفولاذ المقاوم للصدأ يعمل كواجهة ومظلّة، ويستحضر الأشكال المنحنية لمسارات السباق.

الشكل 12

3.7 في الفنّ

تخيّلوا نملة في مغامرة (الشكل 13). تصوّروا الحشرة وهي تعبر شريط موبيوس. حلقة واحدة واضحة من شأنها أن تهبط النملة ليس من حيث بدأت ولكن رأسًا على عقب، فقط في منتصف الطريق خلال دائرة كاملة. وبعد حلقتين، تعود النملة إلى البداية.

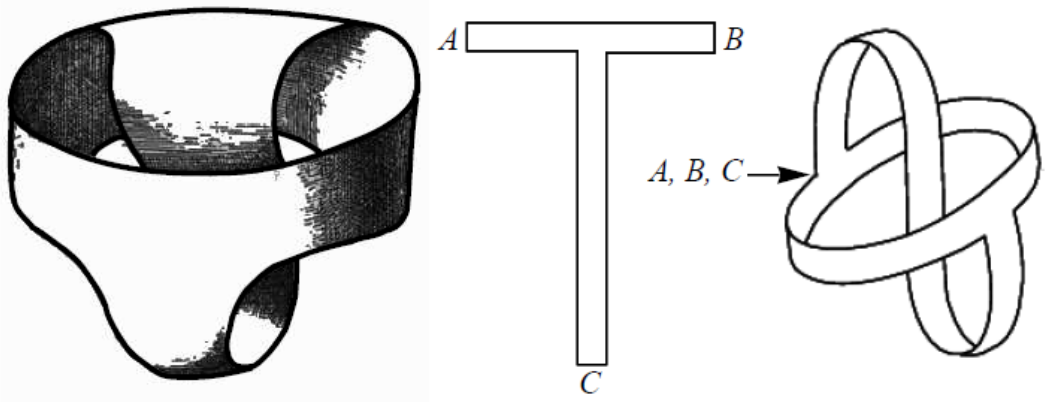


الشكل 13

شريط موبيوس للفنّان الرسّام موريتس كورنيليس إيشر

4.7 سروال موبيوسيّ

من بين الأشياء الطريفة ذات الصلة بشريط موبيوس هذا السروال القصير الموبيوسيّ (الشكل 14) : جانب واحد وحافّة واحدة.



الشكل 14

8. بعضٌ من خواصّ شريط موبيوس

- شريط موبيوس سطح أحاديّ الجانب.
- هو سطح غير قابل للتوجيه.
- مصنِّف هذا السطح (أو جنسه) يساوي 1 وهو نفسه مصنّف الفضاء الإسقاطيّ.
- مميّز أويلر- پوانكاري لشريط موبيوس يساوي 0.

يمكن تحويل شريط موبيوس باستمرار إلى منحنيه الأوسط بجعل الوسيط s يؤول إلى 0، وهذا يعني أنّ لشريط موبيوس العديدَ من الخواصّ التي يتمتّع بها منحني الوسط، والذي يعتبر دائرة طوپولوجيًا. من بين هذه الخواصّ نذكر أنّ زمرته الأساسية هي نفس الزمرة الأساسية للدائرة، وهي زمرة دورية غير منتهية. ولذلك، فإنّ المسارات على شريط موبيوس

تبدأ وتنتهي في نفس النقطة يمكن تمييزها طوبولوجيًا (بترادف مقرّب) فقط من خلال عدد المرّات التي تدورها حول الشريط.

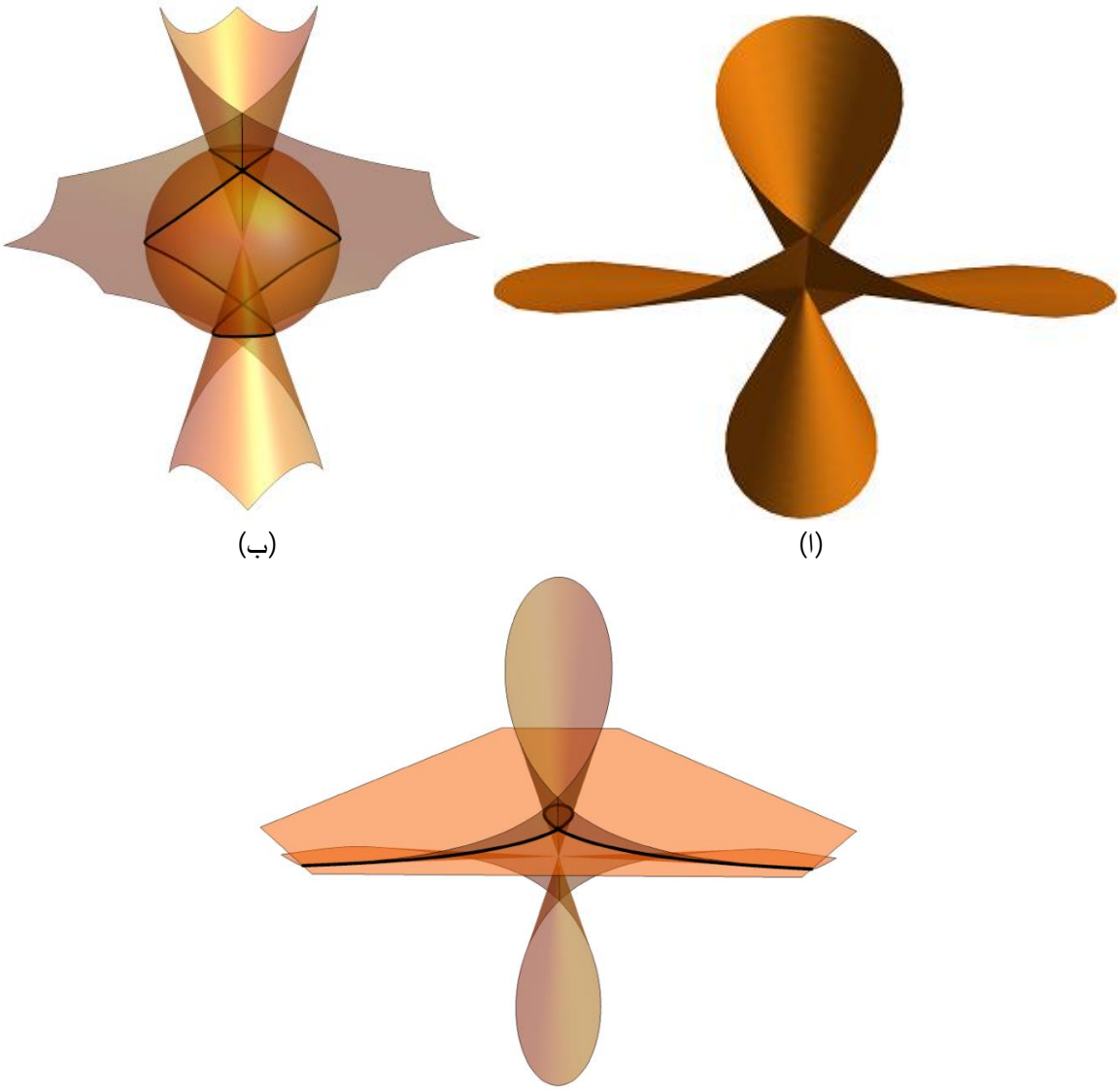
إذا "فجّرنا داخليا" الدائرة المركزية، "قلبَ" شريط موبيوس (أي ما سمّيناه المنحني الأوسط) بجعل العدد r يؤول إلى 0، فإنّنا نحصل على مخروط (الشكل 15 (ا)) تقاطعه مع كرةٍ هو منحنٍ مغلق ذو نقطتين مضاعفتين (الشكل 15 (ب)) وتقاطعه مع مستوٍ هو وُرَيْقة ديكارت (الشكل 15 (ج)) المعرّفة بالمعادلة

$$x^3+y^3-3xy=0$$

بحيث يمكن أن تكون معادلة المخروط

$$x^3+y^3-3xyz=0.$$

(المرجع 4، الصفحة 1888)



(ب) (ا)

(ج)

الشكل 15

9. شريط موبيوس الجبري

نفرّق في هذه الفقرة بين "شريط موبيوس" وهو سطح غير متراصّ، بغير حدّ (أو حافّة) وغير قابل للتغميس في الفضاء و"عصابة موبيوس" التي من جهتها هي سطح متراصّ، ذو حدّ وقابل للتغميس في الفضاء.

نرمز بـ $\mathbf{C}$ إلى حقل الأعداد المركّبة وبـ $\mathbf{U}$ إلى المجموعة الجزئية $\{z\,,\ z\in\mathbf{C},|z|=1\}$. شريط موبيوس هو الفضاء الطوبولوجيّ الجزئيّ من $\mathbf{U}\times\mathbf{C}$ والمعرّف بـ

$$\mathbf{M}=\{(u\,,z\,),(u\,,z\,)\in\mathbf{U}\times\mathbf{C},u\overline{z}=z\,\}.$$

نذكّر أنه إذا كان v ينتمي إلى $\mathbf{U}$ فإنّ العلاقة "$v^2\overline{z}=z$" تكافئ العلاقة "$z=\mu v\,,\mu\in\mathbf{R}$"، كونها تُكتب على الشكل $\overline{(z/v\,)}=z/v$ (نذكّر أنّ عددا مركّبا يكون حقيقيا إذا وفقط إذا كان يساوي مرافقه).

ليكن الآن التطبيق المستمرّ

$$p:\mathbf{M}\to\mathbf{U},\quad(u\,,z\,)\mapsto u$$

اقتصار الإسقاط الأول $\mathbf{U}\times\mathbf{C}\to\mathbf{U}$.

من التذكير السابق يأتي أنّه بالنسبة إلى كلّ u من $\mathbf{U}$ تكون الليفة $\mathbf{M}_u=p^{-1}\langle\{u\}\rangle$ مستقيما شعاعيا $\mathbf{M}_u=\mathbf{R}v$ حيث v جذر تربيعيّ لـ u. المستقيم الشعاعيّ $\mathbf{M}_u$ هو إذن منصّف الزاوية $(1,u\,)$. وعليه فإنّ التطبيق $p:\mathbf{M}\to\mathbf{U}$ يقود إلى النظر إلى $\mathbf{M}$ كعائلة مستقيمات في المستوي موسّطةٍ بالدائرة الوَحدة وتدور بنصف سرعة الوسيط.

نشير أيضا إلى أنّ شريط موبيوس التقليديّ يُعرّف بأنه حاصل قسمة المستوي $\mathbf{R}^2$ على الزمرة $\Gamma=\langle\gamma\rangle$ المولّدة بالتطبيق

$$\gamma:\mathbf{R}^2\to\mathbf{R}^2$$
$$(\lambda,\,\mu)\mapsto(\lambda+1,-\mu),$$

والمتشاكلة مع الزمرة الجمعية $\mathbf{Z}$. نذكّر كذلك أنّ γ هو "التناظر-الانزلاق" أيْ تركيب تبديليّ لتناظر محوريّ وسحب (أو انسحاب) شعاعه يوازي المحور.

ومن العلاقة $\gamma^2(\lambda,\,\mu)=(\lambda+2,\,\mu)$ يظهر أنّ من الطبيعيّ المرورَ أوّلا إلى حاصل القسمة على الزمرة الجزئية المولّدة بـ γ^2 كونها لا تعمل إلّا بسحب للإحداثيّ الأوّل. تعطي الدالّة الأسية مستشاكُلا

$$\mathbf{R}^2\big/\langle\gamma^2\rangle\to\mathbf{U}\times\mathbf{R}$$
$$(\lambda,\,\mu)\mapsto\left(e^{i\pi\lambda},\,\mu\right).$$

ومن العلاقة $e^{i\pi}=-1$ يأتي أنّ التناظر- الانزلاق γ يُحدث على حاصل القسمة الالتفاف (التطبيق التضامنيّ)

$$(u\,,\,\mu)\mapsto(-u\,,-\mu)$$

ويأتي من كلّ ما سبق، المستشاكل

$$\mathbf{R}^2/\Gamma\to\mathbf{M}.$$

أخيرا، للانتقال من شريط موبيوس الذي هو، كما أسلفنا، سطح غير متراصّ، بغير حدّ وغير قابل للتغميس في الفضاء إلى عصابة موبيوس التي هي سطح متراصّ، ذو حدّ وقابل للتغميس في الفضاء يمكن صنعه ومشاهدته، نستبدل المستطيل (الملآن) $[-1,1]\times[0,1]$ بالمستوي $\mathbf{R}^2$،

النقطتان الوحيدتان من هذا المستطيل واللتان يحوّلهما γ إلى نقطتين تنتميان إليه هما نقطتا الحدّ $(0,\,\mu)$ و $\gamma\big((0,\,\mu)\big)=(1,-\mu)$. وبمطابقتهما بالنسبة إلى كلّ μ من $[-1,1]$ نحصل على عصابة موبيوس.

عرّفنا الفضاء $\mathbf{M}$ كونه مجموعة نقط $\mathbf{U}\times\mathbf{C}$ الصامدة (أو الثابتة أو اللامتغيّرة) بالنسبة إلى الالتفاف

$$\sigma:\mathbf{U}\times\mathbf{C}\to\mathbf{U}\times\mathbf{C}$$
$$(u,z)\mapsto(u,u\,\bar{z}).$$

نُدخِل المُسقِط المُرفَق $q=\frac{1}{2}(\sigma+1)$ أيْ

$$(u,z)\mapsto q(u,z)=\left(u,\frac{1}{2}(u\,\bar{z}+z)\right).$$

يمكن التحقّق بسهولة من أنّ $q^2=q$ وأنّ $\mathrm{Im}q=\mathbf{M}$.

التطبيق $z\mapsto\frac{1}{2}(u\,\bar{z}+z)$ هو مُسقِط على الـ $\mathbf{R}$- فضاء الشعاعيّ $\mathbf{C}$ متعلّق بالوسيط u. بكتابة $u=x+iy$ مع التقيّد بـ $x^2+y^2=1$ ، تكون مصفوفة q هي الآتية

$$Q=\frac{1}{2}\begin{pmatrix}1+x & y\\ y & 1-x\end{pmatrix}.$$

لتكن الآن الحلْقة $A=\mathbf{R}[X,Y]/\left(X^2+Y^2-1\right)\mathbf{R}[X,Y]$ التي ننظر إليها أنّها حلْقة الدوال $f:\mathbf{U}\to\mathbf{R}$ والتي تكون كثيرةَ الحدود، بمعنى أنّه يوجد $F(X,Y)$ من $\mathbf{R}[X,Y]$ بحيث لكلّ $u=x+iy$ من $\mathbf{U}$ يكون $f(u)=F(x,y)$. يجدر التذكير أنّ F معرّف بمضاعف مقرّب لـ X^2+Y^2-1 وهذا ما يدفع إلى الانتقال إلى حاصل القسمة.

نشير بـ x و y إلى صِنفَيْ X و Y ، على التتابع، في الحلْقة A ، ونعتبر Q مصفوفة ذات معاملات في A.
تُكتب مبرهنة كيلي-هاميلتون $Q^2-\mathrm{tr}(Q)Q+\det(Q)=0$ ومنها العلاقة $Q^2=Q$ ، بناء على أنّ $\mathrm{tr}(Q)=1$ و $\det(Q)=0$. تعرّف هذه المصفوفة تطبيقا A- خطيا، $Q:A^2\to A^2$. نضع

$$\mathcal{M}=\mathrm{Im}(Q)=\mathrm{Ker}(\mathrm{I}-Q)$$

حيث I هي المصفوفة الوَحدة من المرتبة 2.

المقياس $\mathcal{M}$ هذا هو المثيل الجبريّ لشريط موبيوس.

للاطّلاع على المزيد من خواصّ البنى الجبرية الواردة هنا مثل الرئيسية والعاملية والإغلاق التكامليّ، يمكن أن يعود القارئ إلى المرجع 2.

مراجع

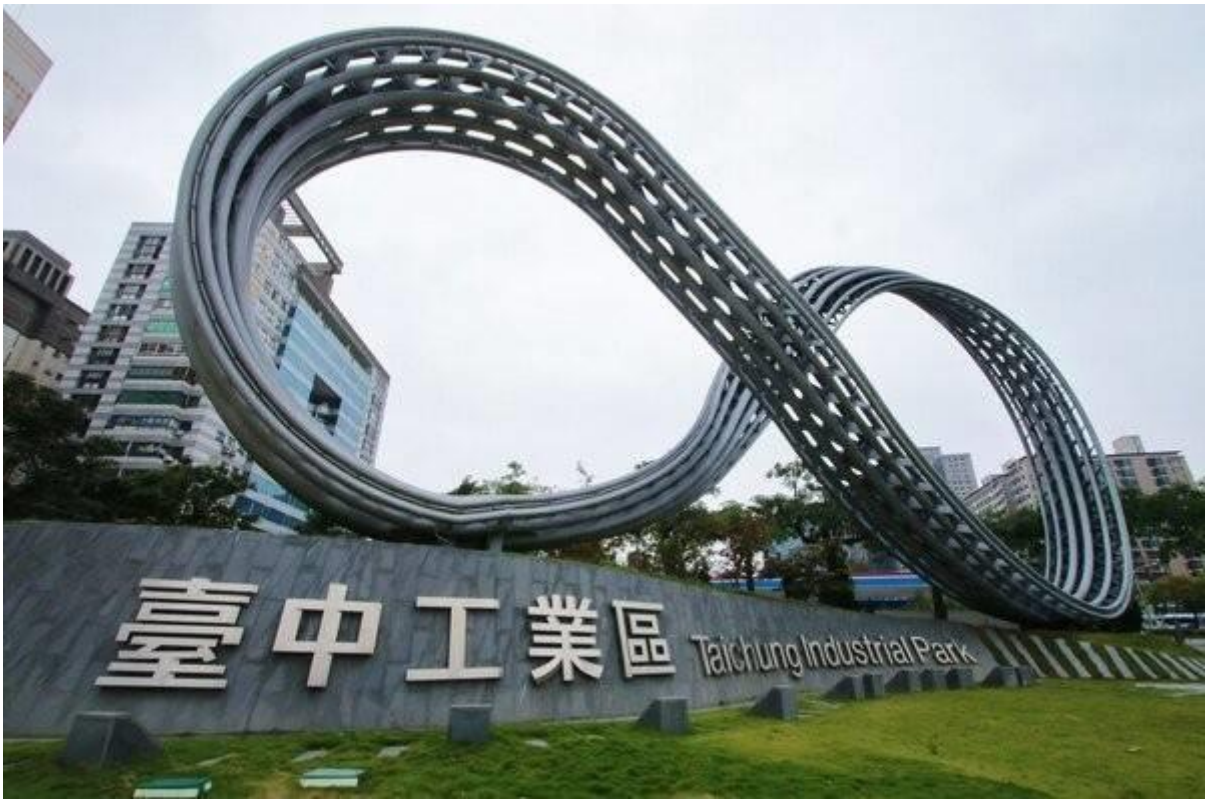
ا) شريط موبيوس ويكيپيديا

ب) ويكس، جيفري: شكل الفضاء، ترجمة حمزة خليف.

[1] Cartwright, Julyan H. E. and Gonzalez, Diego L. Möbius strips before Möbius: Topological hints in ancient representations. arXiv:1609.07779v1 [math.HO] 25 Sep 2016.

[2] Ferrand, Daniel, Le ruban de Möbius comme représentation d'un idéal non principal, mars 2005. Université de Rennes 1. Préparation à l'Agrégation de Mathématique. https://agreg-maths.univ-rennes1.fr

[3] Gray, Alfred, *Modern Differential Geometry of Curves and Surfaces with Mathematica*, Third Edition. Chapman and Hall/CRC. eBook Published 31 January 2017.
[4] Khelif, Hamza, *Le jardin des surfaces, Dictionnaire raisonné des courbes gauches, des surfaces et d'autres variétés célèbres et remarquables*, 2048 pages. KDP Amazon, 2020.
[5] Möbius, Klaus, Plato, Martin and Savitsky, Anton, The Möbius Strip Topology History, Science, and Applications in Nanotechnology, Materials, and the Arts. Jenny Stanford Publishing Pte. Ltd. 2023.
[6] Pickover, Clifford A. The Möbius Strip: Dr. August Möbius's Marvelous Band in Mathematics, Games, Literature, Art, Technology, and Cosmology. Thunder's Mouth Press. 2005.
[7] Schwartz, Richard, "The optimal paper Moebius band". ArXiv:2308.12641 [math.MG]. December 27, 2023.
[8] Weeks, Jeffrey Renwick, *The Shape of Space*, Third Edition, Taylor & Francis Group, LLC, 2020.
[9] https://mathcurve.com/surfaces/mobius/mobius.shtml
[10] https://en.wikipedia.org/wiki/Möbius_strip
[11] https://mathworld.wolfram.com/MoebiusStrip.html



شريط موبيوس ، مُجمّع تايتشونغ الصناعيّ (تايوان-الصين)

لوحة مفاتيح عربية مثالية

عبد المالك بوحجرة

أستاذ بكلية العلوم، جامعة جيجل، الجزائر
bouhadjera@univ-jijel.dz

يَتمّ في هذا البحث عرض أدوات حاسوبية مُبتكَرة لِتَيْسير استخدام ودراسة وتدريس العربية. وتُعتبر النتائج التي تم الوصول إليها ثمرة مجهودات استمرت على مدى عشرات السنين، منذ ظهور الحاسوب. ولقد تم تنفيذ المشروع على مرحلتين:

- المرحلة الأولى، استغرقت وقتًا طويلًا، وبعد ابتكارات عديدة (من بينها الخط المعياري المشروح في هذا المقال)، توصلت إلى تصميم لوحة مفاتيح جديدة، تظهر فيها الهمزة برمز واحد فقط، ويتم فيها الضغط على الحرف الحامل للهمزة مرتين كي تظهر معه الهمزة. أطلقت عليها اسم مفاتيح العِزَّة (Arabic Izza Keyboard).
- المرحلة الثانية، تم فيها الاستغناء كليًّا عن الضغط مرتين على الحرف الحامل للهمزة، وأصبح الحاسوب هو الذي يقوم بإظهار الرمز الصحيح للهمزة كما يفعل مع باقي حروف الأبجدية، وهذا حسب مكان وقوعها في الكلمة المتصلة، وهي مُجسَّدة في اللوحة المثالية (Perfect Keyboard).

مقدمة

إنّ العديد من القضايا التي كان يحلم بها الكثير من الكُتّاب والباحثين في ميدان اللسانيات الحاسوبية، والتي تدخل في مجال ترقية وعصرنة اللغة العربية، قد تحققت عبر هذا المشروع. ولا يُخفى على أحد بأنه لم يتم عمل كبير في مجال تبسيط قواعد العربية، فهي لا تزال تُدرَّس بطرق تقليدية جامدة، أدّت إلى نفور الكثير من الناس عن دراستها، وأصبحت تُصنَّف ضمن خانة اللغات الصعبة مثل الصينية واليابانية. والغريب في الأمر أنّ الكثير من العرب يصدّقون ذلك!

ترجع المشكلة بالأساس إلى المحاولات الأولى لإدخال العربية في الحاسوب؛ فهي لم تكن بدافع علمي، وإنما كانت بخلفيات تجارية محضة. ولهذا عندما صيغت الخوارزميات التي تُحوِّل الحروف العربية المنفصلة عند إدخالها عبر لوحة مفاتيح الحاسوب إلى حروف متصلة عند ظهورها على الشاشة، لم تكن نتيجة بحوث عميقة لفهم دور كل حرف من حروف الأبجدية العربية، ولكن اختُصِرت مُهمّتها في إظهار الخط العربي على الشاشة كما يُكتَب باليد، مهما كان عدد أشكال الحروف المستعملة، ودون مراعاة التصميم الجيد والمنطقي لتوزيع الحروف على المستوى الأول والثاني للوحة المفاتيح.

ومما زاد الطين بلة، هو عدم تحديد الأولويات، ومحاولة التركيز على أمور في منتهى التعقيد، مثل المعالجة الطبيعية للغة والتعرف الضوئي على النصوص التي تعتمد على بيانات ضخمة وتتطلب جهودًا جبارة، وسنوات عديدة من البحث. وهذا كله في غياب الإرادة السياسية والمؤسسات المُنظَّمة والمُسيَّرة بطرق عصرية وحديثة.

لكن قبل كل هذا يجب التريّث، ومعالجة الأمور المنطقية والأساسية. فبإمكانات بسيطة، كما هو مُوضَّح في هذا المقال، يمكن الوصول إلى نتائج مُعتبَرة، ترفع اللُّبس عن الكثير من المسائل التي تبدو مُعقَّدة، ولكنها في الأصل جدّ منطقية. وهذا ما يساعد على الفهم الدقيق، والاستعمال الصحيح للّغة.

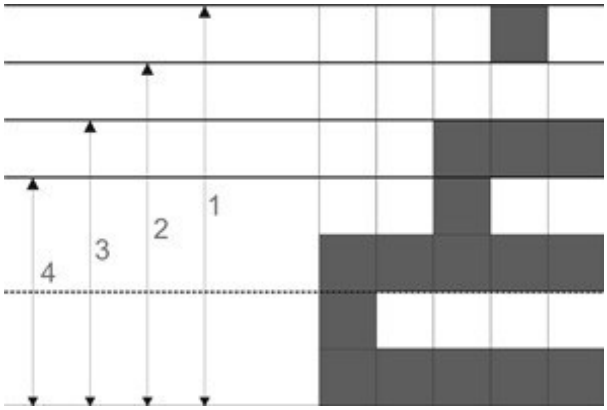
من المعروف أنّ العربية تُكتَب كما تُنطق، زيادة على كونها لغة المنطق بامتياز. وقبل الخوض في المسائل المعقّدة، يجب الفهم الصحيح للأبجدية والخط العربي، وكذلك السيطرة على قواعد الاشتقاق، الذي يعتبر بمثابة العمود الفقري للعربية. يجب كذلك توضيح قضية الهمزة، التي تُمثِّل ربما أكبر عائق في دراسة وتدريس واستخدام العربية [4].

1. الخط المعياري

لا يمكن التطرق لموضوع كتابة العربية بالحاسوب دون الفصل في أهم المصطلحات المستعمَلة في ميدان الكتابة والخط. إنّ عدم وجود مصطلحات واضحة في العربية[1] تُعبِّر عن أشياء ومفاهيم حديثة، يُمثِّل أكبر عائق أمام العرب في الاستعمال الصحيح والجيّد للتّقنيات الجديدة.

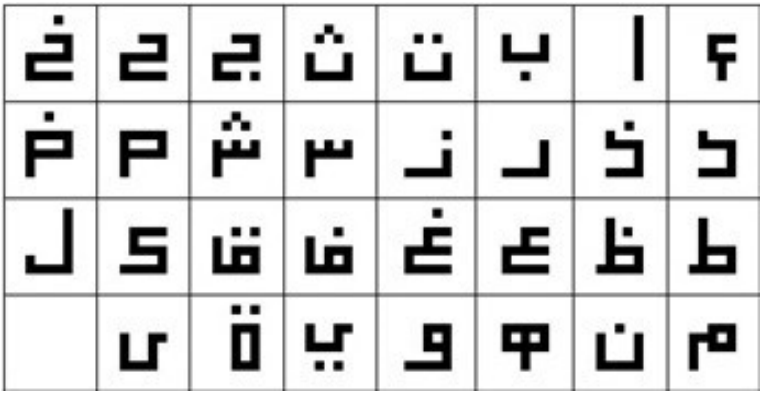
لم يكن بالإمكان الوصول إلى النتائج المعروضة في هذا البحث لولا الدراسة المقارِنة [2] للّغة العربية بأهم اللغات الحديثة، ومحاولة إظهار نقاط القوة التي تميزها. دراسة الأبجدية من وجهة نظر علم الصوتيات، وتقسيمها بوضوح إلى حروف صامتة، أو حروف شدّ (consonants)؛ وحروف صائتة، أو حروف مدّ (vowels)، هو الذي أدى إلى ترقية الهمزة واعتبارها كحرف شدّ مُستقِلّ، كامل الحقوق، في الخط المعياري.

لقد تم تطوير الخط المعياري (الشكل 1)، من أجل طباعة العربية بخط منفصِل (الخطاطة المطبعية - typography). وهو مُستمَدّ من تقاليد الكتابة العربية العريقة، لأنه مَبني بالدرجة الأولى على نموذج الخط الكوفي والذي استُعمِل في البداية لتدوين القرآن، وهذا قبل استبداله بخط النسخ. فهذا الأخير أكثر ملاءمة مع الكتابة باليد (الخطاطة اليدوية - calligraphy). فيما بعد تم الرجوع للخط الكوفي، واستُعمل خصيصا للزخرفة على المباني والمساجد، والنقش على الآلات، وهذا بسبب سهولته النابعة من كثرة الخطوط المتوازية والمستقيمة في تمثيل الحروف.



الشكل 1. كل الحروف ترتكز على قاعدة واحدة وتأخذ ارتفاعات مختلفة.

باستعمال الشبكة الموضّحة في الشكل1، تم تصميم 31 رمزًا (الشكل 2). يمكن بواسطتها كتابة العربية بخط منفصل، أو استعمالها لإدخال النصوص العربية عن طريق لوحة مفاتيح الحاسوب.

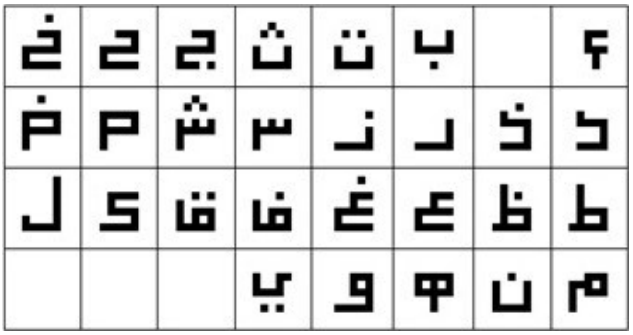


الشكل 2. الحروف العربية

عند استعمال الحاسوب، لا نحتاج إلا إلى 31 رمزًا، 29 رمزا منها تمثّل حروف الأبجدية، بينما يُعدّ الرمزان (ة، ى) حرفين مساعدين. تَدُلّ التاء المربوطة على تاء أو فتحة في آخر الكلمة، بيمنا الألف المقصورة تدل على الحرف الصائت (ا) في آخر الكلمة.

كما نلاحظ، الهمزة مُمثّلة برمز واحد فقط (ء)، وهو يدل على همزة القطع. ونظرًا لأهميتها، تم وضعُها في بداية الأبجدية عن قصد. ويمكن شَكلُها كما تُشكَل باقي الحروف (بَ، بُ، بِ ... ءَ، ءُ، ءِ).

حروف الشد العربية (consonants) عددها 28، وهي ممثلة في الشكل 3.



الشكل 3. حروف الشّد العربية

حروف المدّ العربية الطويلة (long vowels) عددها ثلاثة، وهي: الألف، الواو، الياء. أمّا حروف المدّ العربية القصيرة (short vowels) عددها ثلاثة (مرتبطة بحروف المدّ الطويلة)، وهي: الفتحة، الضمة، الكسرة (الشكل 4).

حروف المد الطويلة	ا	و	ي
حروف المد القصيرة	الفتحة	الضمة	الكسرة

الشكل 4. حروف المدّ العربية

كما نلاحظ الواو والياء لهما دور مزدوج؛ إذ تُعتبَر حروف شدّ ومدّ في نفس الوقت.

من المفروض النظر إلى حروف المدّ القصيرة على أساس أنها جزء من الأبجدية. ولا يجب هنا نسيان الشدّة (ـّ)، والتي تدلّ على حرف مضاعف. يجب استعمال رموز الشكل عند الكتابة بالعربية باتّباع القاعدة التالية:

- لا يجب التفريط في استعمال رموز الشكل لتوضيح معنى ونُطق الكلمة العربية.

- عدم الإفراط في شكل الكلمات للمحافظة على جمال النص العربي.

نريد من العربية أن تكون لغة دقيقة، وليست لغة تخمينية وتقريبية كما هي الآن، وذلك بالشكل الإجباري للكلمات الغامضة في النّصوص المُهِمَّة (كما نلاحظ شكل كلمة "مهمة" يَزيد من وزنها، بالمعنى الحرفي والمجازي!)، مثل: المنشورات العلمية، القانونية، القضائية والرّسمية، إلخ. ومع الوقت يُصبِح الشكل مرادِفًا للدّقة والجديّة في أذهان الناس!

بِخلاف اللغات العالمية التي تحتوي على عدد كبير ومُعقّد من حروف المدّ، لا يوجد في العربية سوى ثلاثة فقط كما ذكرنا سابقًا. وهذا يُمثِّل ربما العدد المثالي، والذي من المفروض أن يجعل من العربية أسهل لغة من حيث التدريس والدراسة والاستخدام.

بعد السيطرة على قواعد العربية يمكن الاستغناء عن رموز الشكل في أغلب الأحيان، والحصول على كتابة مُختصرة، لأن العربية لغة موزونة. وهذا ما لا يمكن فعله مع اللغات الحديثة الأخرى، مثل الفرنسية والإنكليزية، والتي تُكتب فيهما كل حروف المدّ، وبطريقة مُعقَّدة جدًّا، لأن عددها يفوق بكثير عدد الحروف الموجودة في الأبجدية اللاتينية التي تحتوي على 26 رمزًا فقط! وكلّ من يريد النُّطق الصحيح لكلمات الفرنسية أو الإنكليزية عليه بدراسة أبجدية أخرى تحتوي على رموز كل الأصوات الموجودة في اللغات العالمية، وتعرف بأبجدية الصوتيات العالمية (International Phonetic Alphabet).

سوف يُسهِّل الخط المعياري دراسة العربية بالنسبة للأطفال والمبتدئين، لأنه يقضي على مشكل كتابة الهمزة، وكذلك الأشكال العديدة للحرف الواحد الموجودة في الخط المتّصِل، وبالخصوص إذا تمّ تدريس العربية باستعمال الوسائل العصرية، مثل الألواح الإلكترونية. يمكن تنزيل أحد أطقم حروف الخط المعياري (Arabic One) من الموقع التالي:

https://www.dropbox.com/scl/fi/b6uq9msfwbttenh8hjou2/Arabic-One.ttf?rlkey=v07jdx9jhlnd820fsoj7sj0md&dl=0

بعد تثبيته في ذاكرة الحاسوب، يمكن التمتع بكتابة العربية بخط منفصل وشرح مبادئها الأساسية، مثل عدد ونوعية الحروف، تكوين المقاطع وشكل الكلمات، إلخ.

2. لوحة الاشتقاق– الجذور والأوزان

بخلاف اللغات العالمية الأخرى، والتي لا يوجد فيها نظام خاص بتكوين كلمات مستقلة، وتعتمد بالدرجة الأولى على ترجمة كلمات من لغات مختلفة، أو تركيب كلمة جديدة ابتداءً من كلمتين أو عدة كلمات قديمة (النّحت)، فالعربية تحتوي على نظام في غاية التنظيم والإحكام يعرف بالاشتقاق [2].

معظم الكلمات في العربية مُكوَّنة انطلاقا من مجموعة حروف تسمى بالجذر. يحتوي هذا الجذر في أغلب الأحيان على ثلاثة حروف، ولكن توجد كذلك بعض الجذور بحرفين أو أربعة حروف. من أجل توضيح ذلك نأخذ كمثال الحروف الثلاثة ب، ت، ك. يتبادر إلى الذهن مباشرة الجذر (كَتَبَ)، والذي يعطي المشتقات التالية:

- ك ت ا ب
- م ك ت ب ة
- م ك ا ت ب ة
- ت ك ا ت ب
- ا س ت ك ت ا ب
- ك ت و ب ي

- ك ا ت ب
- ك ا ت ب ة
- ت ك ت ي ب
- ك ت ي ب ة

إلخ.

في كل الكلمات أعلاه، يمكن ملاحظة وجود حروف الجذر ك، ت، ب. وبإضافة حروف معينة للجذر، حسب أوزان معينة، أصبح بالإمكان تكوين كلمات عديدة بمعانٍ مختلفة. الحروف الإضافية عددها تسعة وهي: ء، ا، ت، ة، س، م، ن، و، ي. لاحظ بأن هذه المجموعة تضم كل الحروف الصائتة (ا، و، ي).

يعتبر الاشتقاق بمثابة الهيكل العظمي للغة العربية، وأي برنامج دراسي يُهمِل هذه النقطة الأساسية يجب إعادة النظر فيه. ولهذا فالمسؤولية تقع بالدرجة الأولى على الوزارات المعنية في مختلف البلدان العربية، وكذلك الأساتذة والمدرّسين من أجل تبيان هذه الخاصّية بأساليب حديثة، والارتقاء بلغتنا إلى المكانة التي تستحقها.

كما هو مُوضَّح في جدول الاشتقاق (الشكل 5)، انطلاقًا من جذر معين، صَلَحَ مثلا، يمكن تركيب كلمات عديدة، حسب الأفعال المذكورة، باستعمال الحروف الإضافية. مع كل جذر توجد كلمات ومشتقات مناسبة، ومن المستحيل استعمال كل الأفعال مع جذر واحد. تختلف إمكانية تكوين المشتقات وتنوعها من جذر إلى آخر، وهذا التنوع يفتح مجالات هائلة من أجل تكوين مصطلحات جديدة في العربية.

الصيغة	الماضي	المصدر	اسم الفاعِل	اسم المفعول
01	(فَعَلَ) صَلَحَ	مُتغيِّر صَلاح، صَلوح مَصلحة صلاحية	فاعِل صالِح	مفعول مصلوح
02	(فعَّل) صَلّحَ	تفعيل تصليح	مُفعِّل مُصلِّح	مُفعَّل مُصلَّح
03	(فاعَل) صالَحَ	مُفاعلة، فِعال مُصالحة	مُفاعِل مُصالِح	مُفاعَل
04	(أفعَلَ) أصلَحَ	إفعال إصلاح	مُفعِل مُصلِح	مُفعَل
05	(تَفعَّلَ)	تَفعُّل	مُتفعِّل	مُتفعَّل
06	(تفاعَلَ) تصالَحَ	تَفاعُل تصالُح	مُتفاعِل مُتصالِح	مُتفاعَل
07	(انفعَلَ) انصلَحَ	انفِعال انصِلاح	مُنفعِل	مُنفعَل
08	(افتَعَلَ) اصطَلَحَ	افتِعال اصطِلاح	مفتعِل	مُفتَعَل مُصطَلَح
09	(افعَلَّ)	افعِلال	مُفعِل	غير موجود
10	(استَفعَلَ) استصلَحَ	استِفعال استِصلاح	مُستفعِل مُستصلِح	مُستفعَل مُستصلَح

الشكل 5. جدول الاشتقاق

على الجدول، المصدر المتعلق بالصيغة رقم 1 للجذر غير ثابت (مُتغيّر)، ويمكن أن يأخذ عدة أشكال، وهذا حسب معنى الجذر، من بينها: فعلة، فعيل، فعال، فعول، فعالة، أفعل، تفعلة، إلخ.

معظم الكلمات الموجودة في العربية موزونة حسب أحد الأفعال المذكورة على الجدول. أما الكلمات التي ليس لها وزن فهي كلمات دخيلة أو مستوردة. تختلف كيفية انتشار المشتقات على الجدول وكثافتها من جذر إلى آخر، ولها علاقة وثيقة بنمو وازدهار العربية.

تذكّرنا هذه اللوحة بالجدول الدوري للعناصر الكيميائية. عندما قام العالم الروسي منديليف (Mendeleev) بوضع هذا الجدول، كانت فيه عدة مربعات فارغة، وتنبّأ بضرورة وجود عناصر في الطبيعة لملء تلك الفراغات. وهذا ما تمّ اكتشافه من بعد. يمكن أن يقال الشيء ذاته فيما يخص جدول الاشتقاق؛ فالفراغات التي تظهر مع كل جذر (اللون الأبيض) تدلّ على إمكانية توليد مصطلحات جديدة وموزونة. ولقد سمّاها أبو اللسانيات الخليل بن أحمد الفراهيدي، الكلمات المُهملة، عندما قام بعملية إحصائية (في كتاب العين) لتحديد عدد الكلمات التي يمكن الوصول إليها بالاشتقاق في العربية.

وبعملية حسابية بسيطة، يمكن تقدير عدد الكلمات التي يمكن اشتقاقها. فإذا فرضنا بأن أي ثلاثة حروف من الأبجدية تُعطي جذورا لها معاني مختلفة، وكل جذر بدوره يؤدي إلى ربع المشتقات، فإن الكلمات التي يمكن تكوينها حسب الأوزان الموجودة على لوحة الاشتقاق تزيد على مائتي ألف (219240).

وإذا أضفنا إلى هذا الجذور الثنائية مثل (هزَّ) و (مدَّ)، والجذور المضاعفة مثل (زَلزَلَ) و (ذَبذَبَ)، والجذور التي تحتوي على حرفين متشابهين مثل (ساس) و (سَلِسَ)، والجذور الرباعية مثل (زخرف) و (جَمهر)، زيادة على استعمال الأفعال غير المذكورة على اللوحة، فإنّ إمكانيات الاشتقاق تصبح غير محدودة!

باستعمال نفس العملية الحسابية، الجذور الرباعية التي يمكن تكوينها تزيد على نصف المليون (570024). ورغم هذا، إذا فتحت أي قاموس عربي، فإنك تجد بأن الجذور الرباعية قليلة جدا بالمقارنة مع الجذور الثلاثية، وهذا دليل قاطع على الثروة اللغوية العربية التي لا تزال لم تُستغَلّ بعد.

من الأفعال غير المذكورة على جدول الاشتقاق يمكن إضافة اسم المكان، كما في مَطبخ ومَنزل؛ اسم الزمان كما في مَشرق ومَغرب؛ اسم الآلة، كما في مِفتاح ومِبرد؛ الصِّفة، كما في كريم وأسود؛ النسبة كما في حديدي، وسماوي؛ وفي الأخير التصغير، كما في كُليب، وكُتيب. ويجب التذكر هنا على أنه توجد أوزان خاصة غير مذكورة على الجدول والتي تنطبق على جوانب أخرى من العربية، كالجمع، المثنى والفعل المضارع، إلخ.

توجد أهمية كبيرة في ترسيخ جدول الاشتقاق في أذهان الأطفال والمبتدئين، لأنه سوف يساعدهم على الدراسة بمنهجية علمية، والتعوّد على الأوزان الموجودة في العربية، وكتابتها الصحيحة، وبالخصوص التّمييز ما بين الكلمات التي تبدأ بهمزة القطع (الصيغة 4)، والتي تبدأ بهمزة الوصل (من الصيغة 7 إلى 10).

3. مفاتيح العِزَّة

يُعتبر تصميم مفاتيح العزة (الشكل 6 والشكل 7) ثمرة اهتمامٍ مُستمر ومجهودات كبيرة وبحوث في اللغة العربية، امتدّت على مدى عدة سنوات [3]. ولولا الاهتمام بكتابة العربية بخط منفصل، لكان من المستحيل الوصول إلى مفاتيح العِزّة وكلّ الاختراعات الأخرى، والتي يمكن الاطلاع عليها في الرابط التالي:

https://bouhadjeraa.wixsite.com/mishkak

لقد تم عرض الأبجدية الموحدة سنة 2016 في مداخلة في المؤتمر الدولي الخامس للغة العربية بدبي، تحت عنوان "الخط المعياري: سلاح ضد الجهل والتخلف". ومن التوصيات المُلِحّة التي تم ذكرها، والتي كانت نتيجة منطقية لاستعمال الخط المعياري، هي إعادة تصميم توزيع الحروف العربية على لوحة مفاتيح الكمبيوتر للاستفادة من سهولة

إدخال الخط المنفصل وتطبيقها على الخط المتصل. وهذا ما تحقّق بالفعل باختراع مفاتيح العِزّة في أقلّ من سنة بعد انعقاد المؤتمر!

الشكل 6. مفاتيح العِزَّة، المستوى الأول

الشكل 7. مفاتيح العِزَّة، المستوى الثاني

عند استعمال مفاتيح العزة يجب اتباع القواعد التالية:

- لكتابة الهمزة فوق الألف (أ)، الضغط على حرف الألف (ا) مرتين متتاليتين.
- لكتابة الهمزة تحت الألف (إ)، الضغط على الهمزة (ء) مرتين متتاليتين.
- لكتابة الهمزة فوق الواو (ؤ)، الضغط على حرف الواو (و) مرتين متتاليتين.
- لكتابة الهمزة فوق النبرة (ئ)، الضغط على الألف المقصورة (ى) مرتين متتاليتين.
- لكتابة همزة المد(آ)، الضغط على الهمزة (ء) ثم حرف ألف (ا).
- لكتابة الهمزة بمفردها، الضغط على مفتاح الهمزة مرة واحدة فقط.

وكما يمكن الملاحظة، أغلب المفاتيح بَقيت في مكانها، على الأقل في المستوى الأول. ونظرًا لوجود تصاميم مختلفة، حتى عندما تأتي من نفس المُصنّع (مايكروسوفت مثلا)، وهي مُمثّلة في الفروق ما بين الألواح المستعملة في المشرق والمغرب، فهذه فرصة مناسبة لاقتراح لوحة مفاتيح مُوحَّدة تجمع كل البلدان العربية.

4. التدقيق الإملائي والنحوي: تحديد الأولويات

في البداية يجب "ترتيب بيت العربية"، بتبسيط الأمور والتنظيم الجيّد، وذلك بوضع الأشياء في أماكنها الصحيحة، وهذا قبل الخوض والاستفادة إلى أقصى درجة من المشروعات المبنية على البيانات الضخمة، والتي تتطلّب تنسيقًا مُحكمًا ووقتًا طويلا لتجسيدها في الميدان، كما ذكرنا.

المجهودات التي كانت وراء إدخال العربية في الكمبيوتر لم تكن بدافع علمي، على غرار ما حدث في اللغات الأخرى، بل بدافع تجاري لا غير. يجب التذكير هنا بأننا نخاطب الحاسوب بحروف منفصلة عندما نستعمل لوحة المفاتيح، بحيث لسنا في حاجة إلى إدخال كل الرموز المتعلّقة بكل حرف، والموجودة في الخط المتّصل، لأنه يمكن برمجة الحاسوب على تحويل الكتابة المنفصلة التي ندخلها إلى كتابة متصلة عندما تَظهر على الشاشة.

الغريب في الأمر هو عدم فهم دور الهمزة في العربية من طرف الباحثين والذين قاموا بتطوير الخوارزميات في أنظمة التشغيل المختلفة. إن الهمزة جزء لا يتجزأ من الأبجدية العربية، وعددها 29 حرفًا، كما اعتبرها العلماء الأولون، وليس 28 حرفًا كما تُدرَّس الآن. زيادة على هذا لا يجب النظر إلى الحركات على أساس أنها عبء على الأبجدية، بل هي جزء من الأبجدية كذلك، وهذا ما شرحه وبإسهاب الخليل بن أحمد في قاموس العين.

بما أن الحاسوب يتعامل بإشارات منفصلة، فعند إدخال حروف الأبجدية، تم اختيار رمز واحد لكل حرف. الصورة (ع) مثلا، تدل على باقي الصور في حرف العين (عـعـع). أدّى عدم فهم دور الهمزة في الأبجدية العربية إلى استعمال عِدّة رموز (ء أ إ ؤ ئ آ) عند إدخالها. ولتعقيد الأمور أكثر، تَمّت إضافة مفاتيح أخرى في بعض اللوحات، تَحمِل رموز إضافية للهمزة (لأ، لإ، لآ). وهذا كله يؤدي إلى إرباك كل دارس جديد للعربية، ومعاناة كبيرة من طرف المستخدِم في إيجادها، والوقوع في الخطأ عند كتابتها.

فلا يجب إثقال كاهل الطالب بالكلام عن قواعد كتابة الهمزة (والتي هي في الأصل مجرَّد اصطلاح لتسهيل الكتابة المتصلة باليد)، بل يجب ترك هذا الموضوع جانبًا، والتعامل مع الهمزة كما يتم التعامل مع بقية حروف الأبجدية الأخرى، أين أغلب الحروف تأخذ صُورًا مختلفة حسب موقعها في الكلمة. لهذا نقوم بإعطاء صورة واحدة للهمزة، كما نفعل مع بقية الحروف، ونترك الحاسوب يقوم بمهمة اختيار الشكل الصحيح حسب مكان وجودها في الكلمة. مع الوقت يمكن التعود على كتابة الهمزة في الخط المتصل من تكرار رؤيتها على الشاشة، وهذا دون التطرق إلى قواعد كتابتها. يعطي الشكل 8 بعض الأمثلة على كتابة الهمزة باستعمال صورة واحدة (ء) فقط.

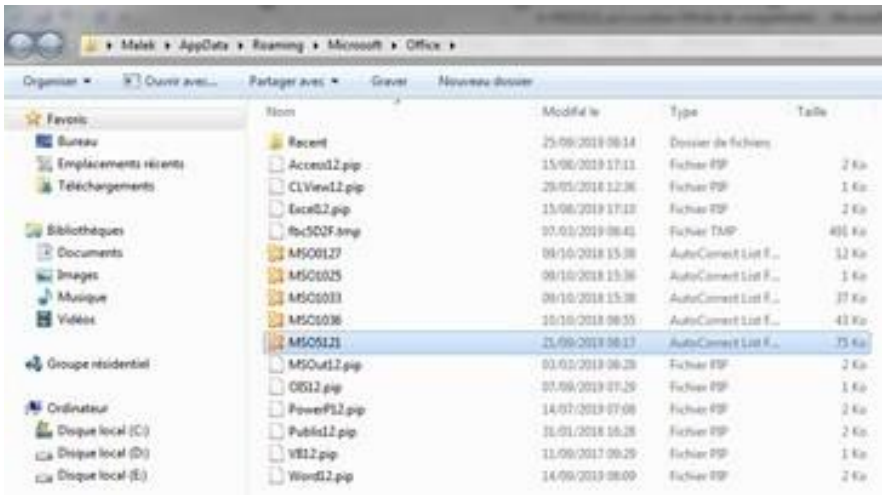
ء	ك	ل	=	أكل
م	ء	ت	م	ر	=	مؤتمر
ج	ا	ء	ز	ة	=	جائزة

الشكل 8. كتابة الهمزة باستعمال رمز واحد فقط

لقد تم إنجاز هذه المُهمّة بإنشاء قاموس خاص بالهمزة، واستغلال المدقق الإملائي التلقائي الموجود مع مايكروسوفت أوفيس. اسم الملف الذي يحتوي على التصحيح الآلي للعربية في مايكروسوفت أوفيس هو MSO5121.acl. وهو موجود في ملف أوفيس، بحيث يمكن الوصول إليه عن طريق كتابة الكلمات التالية:

appdata%\Microsoft\Office

في نافذة البحث عن الملفات، في نظام التشغيل لويندوز (الشكل 9).



الشكل 9. مكان وجود الملف الخاص بالهمزة

يجب استبدال هذا الملف بالملف الذي يحمل نفس الاسم ويحتوي على قاموس الهمزة، والذي يمكن تنزيله من الموقع التالي:

https://www.dropbox.com/s/qxykpcdrmwyv8tr/MSO5121.acl?dl=0

5. اللوحة المثالية

تُمثِّل اللوحة المثالية (Perfect Keyboard) إضافة كبيرة لمفاتيح العِزة (Izza Keyboard). وهي تتكوّن من جزءين أساسيين:

- الجزء الأول يَتمثّل في التطبيق الأساسي لمفاتيح العزة، والذي يمكن تنزيله من الموقع التالي:
  https://keyman.com/keyboards/arabic_izza
- والجزء الثاني هو قاموس الهمزة الموجود في الموقع السابق.

كما ذكرنا أعلاه، يتم في اللوحة المثالية الاستغناء كليًّا عن إدخال الرموز العديدة للهمزة. وأصبح الحاسوب هو الذي يقوم بإظهار الرمز الصحيح، كما يفعل مع باقي حروف الأبجدية، حسب مكان وقوعها في الكلمة المتصلة، وهذا باستغلال المدقِّق الإملائي التلقائي الموجود مع مايكروسوفت أوفيس.

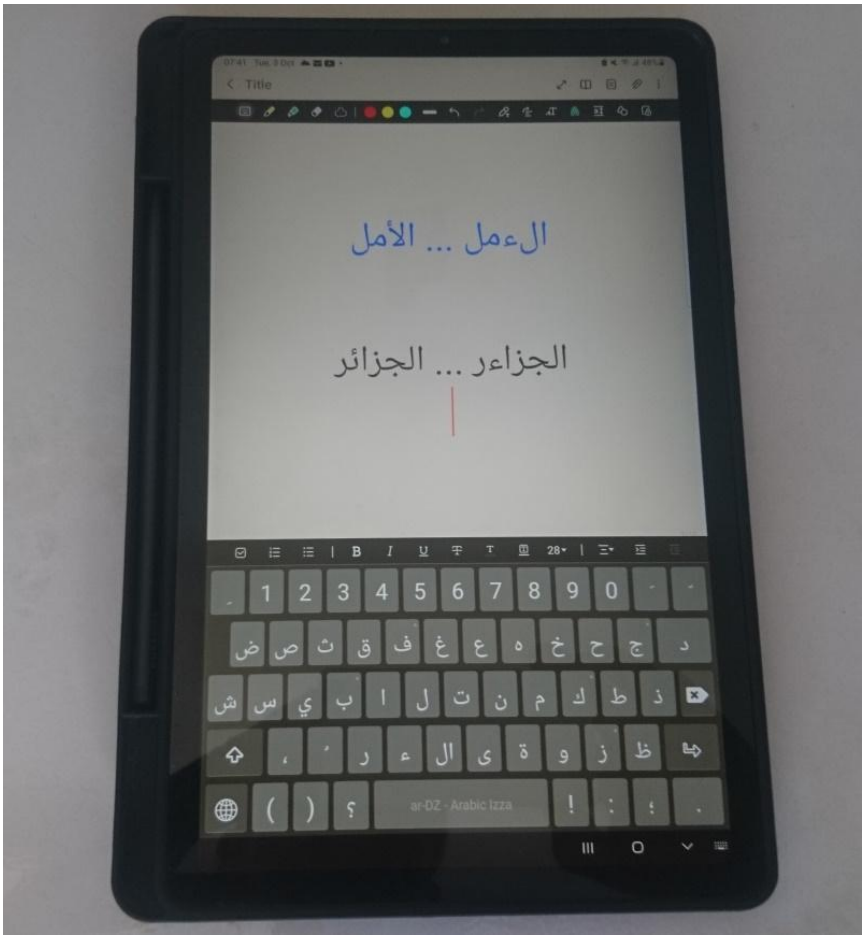
إعطاء همزة القطع رمزًا واحدًا فقط، مع إعادة الاعتبار للحركات والشدّة، سوف يَرفع الكثير من اللُّبس الذي يحيط بالأبجدية العربية، ويسمح بمقاربة جديدة في حلّ المشاكل التي تعاني منها. وهذا بدوره سوف يفسح المجال لإعادة النظر في البرامج والتطبيقات التي تتعلق بالمعالجة الآلية انطلاقا من الخصوصيات التي تُميّز العربية وليس كتقليد أعمى للبرامج التي طُوِّرت في الأصل لخدمة لغات تَعتمِد عل الأبجدية اللاتينية.

الفيديو الموجود في الرابط التالي يشرح بالتفصيل كيف تم القضاء نهائيا على مشكل كتابة الهمزة، والخطوات التي يجب اتباعها في تحميل تطبيق اللوحة المثالية مع قاموس الهمزة:

https://www.youtube.com/watch?v=MyJZns8WGFA

لقد تم تصميم اللوحة المثالية بطريقة احترافية، ويمكن لأي أحد وبسهولة تنزيل التطبيق والاستمتاع في كتابة العربية بطريقة سهلة ومريحة.

في الألواح الإلكترونية تظهر المفاتيح كاملة على اللوحة، ولا يحتاج المستخدِم إلى فعل أي شيء إضافي لمباشرة استعمالها (الشكل 10).



الشكل 10. اللوحة الإلكترونية

تحتاج لوحة مفاتيح حاسوب المكتب إلى استعمال بعض الحروف اللاصقة، بسبب تَغيُّر موقع بعض الرموز مثل الهمزة والألف واللام. ويجب كذلك إضافة علامات الشكل والفاصلة على المستوى الأول. ما عدا هذا، فإن التوزيع الأساسي لمجمل الحروف بقي في مكانه.

يمكن تلخيص أهداف اللوحة المثالية في النقاط التالية:

1- تيسير دراسة وتدريس اللغة العربية بالتركيز على الجوانب السّهلة والمنطقية؛
2- تسهيل إدخال النصوص العربية عند استعمال الحاسوب والأجهزة الذكية؛
3- القضاء نهائيا على مشكل كتابة الهمزة؛
4- إعطاء أهمية كبيرة للحركات والشدة، تُعادل قيمة حروف الأبجدية، وذلك بوضعها على المستوى الأول للوحة المفاتيح، مما يُشجِّع استعمالها في توضيح النصوص العربية والقضاء على الغموض في قراءة بعض الكلمات التي تتطلّب شكلها؛
5- تخصيص زِرّ مستقل للمقطع "ال"على المستوى الأول وربح الكثير من الوقت؛
6- إظهار الفاصلة على المستوى الأول؛
7- إضافة خمسة رموز كاملة لمساعدة لغات أخرى على استعمال الخط العربي في كتابتها؛

8- القضاء على مشكل كتابة ونطق الأسماء والمصطلحات الأجنبية بإضافة رموز عربية مكافئة للحروف (P,V,G)؛

9- توزيع منطقي لكل الرموز الضرورية للنشر المكتبي مع سهولة الوصول إليها؛

10-فتح المجال من أجل الفهم الصحيح للعربية، وتشجيع الناس على استخدامها في كل مجالات الحياة؛

11- أخيرًا وليس آخرًا، توحيد تصاميم لوحة المفاتيح العربية، مع المحافظة على التوزيع الأساسي للحروف الموجود حاليا في أنظمة التشغيل المختلفة.

خاتمة

سوف تؤدي اللوحة المثالية إلى تسهيل استخدام وتدريس ودراسة اللغة العربية. سيجد المستخدِم العربي، مهما كان اختصاصه ومستواه، متعة كبيرة في إدخال النصوص العربية، لأن كل الحروف والرموز الضرورية موجودة على المستوى الأول (دون استعمال Shift).

سوف يُركّز مُدرّس اللغة العربية على ما تشتهر به العربية من التمثيل الجيد لأصواتها، وكونها لغة المنطق بامتياز، ولا يُثقِل كاهل الطلبة منذ البداية بالقواعد المعقّدة، مثل كتابة الهمزة. في اللوحة المثالية نُدخِل الحروف مُنفصلة والحاسوب هو الذي يُظهِرها على الشاشة مُتّصلة، ويتم التعوُّد على قواعد كتابة الهمزة تدريجيا، وفي الوقت المناسب.

بالنسبة للطالب الذي يَدرس العربية لن يَصطدِم بأمور منافية للمنطق في توزيع الحروف الموجودة على لوحات المفاتيح الحالية، وصعوبة الوصول إلى بعض رموزها، والتي أدّت إلى الإطاحة من قيمتها والتقليل من استعمالها. سوف ينجذب للتصميم الجيّد والتوزيع المناسب للحروف الأبجدية على المستوى الأول. ولن يبحث عن الحرف الحامل للهمزة، لأنها مُمثَّلة برمز واحد فقط. لن يجد صعوبة في شكل الكلمات، لأن رموز الشكل أمامه، ولن يُضيّع الكثير من الوقت في إعادة كتابة "الـ" التعريف عدة مرات في كل سطر، بالضغط على الألف ثم اللام. لن يبحث عن مكان وجود الفاصلة كثيرة الاستعمال، ولن يجد صعوبة في كتابة ونطق الكلمات والأسماء الأجنبية.

المراجع

[1] بوحجرة، عبد المالك، الخط المعياري: سلاح ضد الجهل والتخلف، المؤتمر الدولي الخامس للغة العربية، 2016.
https://alarabiahconferences.org/wp-content/uploads/2019/08/conference_research-493512241-1459243568-2449.pdf

[2] بوحجرة، عبد المالك، العربية هي لغة الكمبيوتر الطبيعية، منشورات جامعة جيجل، الجزائر، 2002.

[3] بوحجرة، عبد المالك، مفاتيح العزة: لوحة مفاتيح عربية لتسهيل كتابة وتعلم العربية في عصر المعلوماتية، الأرشيف العربي العلمي، 2018. https://osf.io/preprints/arabixiv/p2y38

[4] منصور، حسن عبد الرزاق، مشكلة الهمزة في اللغة العربية، دراسة تحليلية، دار فضاءات للنشر والتوزيع والطباعة، الأردن، 2007.

طبيعـــــة

الطين: تاريخه وبعض تطبيقاته (3)

الطين صحة وغذاء -الجزء 2

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

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

[2] أستاذ، جامعة محمد بوقرة، بومرداس

[3] أستاذ محاضر لدى الجامعات، جامعة أورليون، فرنسا

mohamed.khodja@sonatrach.dz

يحتوي هذا المقال على ثلاثة أجزاء: تاريخ الطين وخصائصه، الذي نُشر في العدد 9 (جانفي 2024)؛ الطين صحة وغذاء والذي نُشر القسم الأول منه في العدد 10 (أبريل 2024)؛ التطبيقات الصناعية للمعادن الطينية.

1. عموميات حول تطبيقات الطين في مجالات الصحة والراحة والترفيه

هناك عدة طرق لتناول موضوع تطبيقات في مجالات الصحة.

- يمكن استخدام تصنيفٍ وَفقًا لعلم الأمراض أو أنواع الرعاية، وهو الأسلوب الأكثر ملاقاة في أدبيات الطب الحديث.
- يمكننا تحديد إمكانيات (قدرات) الطين في مواجهة عدة الأمراض.
- كذلك، يمكن للمرء تحديد المجالات الرئيسية للفعالية الخاصة للطين والكائنات الحية للعثور على التفاعلات المتبادلة على أساس مفهوم التوازن.

تشير العديد من الكتابات إلى أن "الطين" يتصرف بشكل عام وشامل، في كل شيء وأي شيء، مما يجعل الأمر يبدو ساذجًا للغاية وأحيانًا خاطئا. في الواقع وكما سبق تحديده، فإنّ مصطلح "الطين" يشير إلى مجموعة من المعادن التي تحتوي على عدد كبير من الأنواع والأصناف وذات خصائص نوعية محددة. في بعض الحالات، من الواضح تمامًا أنّ الطين لا يشفي الجسم، ولكنه يساعد في التغلب على الصعوبات، وهذا هو الجسم الذي يشفي نفسه بنفسه.

يرتبط الماء مع الطين في جميع مراحل وجوده واستخداماته. بسبب الألفة العالية مع الماء، كان الطين دائما قريبًا من الأنشطة والمهن المستعملة في العلاج عن طريق المياه المعدنية. قبل استخدامها، كانت المياه المعدنية الحرارية تتحرك لفترة طويلة خلال كتل كبيرة من الصخور المسامية والمشققة. وكانت معظم المياه المصنفة على أنها "معدنية" في اتصال مع الطين. هذه المياه، الناقلة للأيونات والآتية من إتلاف الصخور، استخدمت لعدة قرون لتحقيق علاجات بالمياه المعدنية الحارة.

عمليًا، غالبًا ما يتم إضافة المياه المعدنية الحرارية إلى الطين لتحضير العجينة المكونة للبللوئيد. يستخدم ممارسو العلاج المعدني المائي الحار الطينَ أيضا على شكل وحل لعلاج الروماتيزم، والتهاب المفاصل، ومختلف الصدمات وأمراض الجلد. لقد تم استخدام أنواع الطين المختلفة كالكاؤلين، مجموعة اسمكتيت والإليت، التالك، السيبيوليت ومجموعة الباليغرسكيت، نظرًا لخصائصها الخاصة في الامتزاز والامتصاص. يساعد الطين على إعداد الضمادات

المتعلقة بالمعدة، وعلاجات الجلد والحروق. ويُستخدم الطين، الذي يملك قدرة عالية في التبادل الأيوني، في علاج بعض الأمراض الجلدية.

الإحساس بالألم من قبل الفرد او عدم الراحة غالبا ما يكون معقدا وذلك عند استخدام تقنية التطبيق. نذكر فيما يلي بعض استخدامات الطين.

- الاستخدامات الأكثر شيوعا:
  - اللصقات، اللزقات، الضمادات، الكمادات المصنوعة من عجينة؛
  - حمامات الطين، ماء طيني أو اللبن الطيني؛
  - مستحضرات التجميل.
- الاستخدامات الداخلية:
  - الغرغرة والمضمضة؛
  - الجهاز الهضمي؛
  - الحقن الشرجية؛
  - الغذاء والطبخ؛
  - تنقية (الماء والسوائل).

بناءً على ما تم عرضه، يتدخل الطين في مجالات العمل التي يمكن تقسيمها إلى عدة مجموعات:

- تأثير حاجز ضيق تقريبا؛
- تزويد المادة عن طريق الطين؛
- تبادل المواد بين الطين والجسم؛
- تثبيت المواد على الطين والعمل على تجانسها؛
- نقل المواد بين الجزيئات الطينية؛
- العمل البدني: نقل حراري أو ميكانيكي (الضغط).

طرق العمل المقترحة هنا، تفرض علينا الاعتراف بوجود -بشكل أساسي- حاجز مادي يفصل بين داخل وخارج الجسم، والذي يتألف من الجلد أو الأغشية المخاطية. يسمح هذا الحاجز بنقل الطاقة (الحرارة والضغط) أو المواد (مثال: الماء في الإماهة / التجفيف) وذلك في كلا الاتجاهين.

إعداد طريقة علاجية باستخدام الطين يتطلب النظر المسبق في هذه البيانات وتقدير احتمال فعاليتها. في هذا المجال من الطرق التقليدية، ينبغي أن نولي اهتمامًا خاصًا للتمييز بين الأعراض والأسباب والآثار المستوفاة. تطبيق الطين يمكن أن يؤثر في كثير من الأحيان على هذا أو ذاك، إما بشكل مستقل أو معا في نفس الوقت. يجب أن يتم إجراء تحليل حقيقي للآثار المحتملة. وهو في هذه الحالة يتطلب اللجوء إلى مخاطب وحيد وموثوق، وهو الطبيب الذي سوف يضمن عدم وجود أمراض، ربما تكون مخفية غير مدركة وقد تكون محل متابعة طرق علاج أخرى. ضمن هذا المنوال نحاول الحديث أكثر حول تأثير الحاجز.

إن نشاط الطين يرتبط في أغلب الأحيان بوجود تأثير حاجز. وهذا التأثير هو معقد نسبيا، ويشمل الجوانب المباشرة وغير المباشرة. في بعض الحالات، تطبيق الطين على الجلد بشكل مكثف يشكل "حاجزا " آليا و يكون فعالا، غير منفذ للهواء وكذلك الماء، قادرًا على عزل سطح هذا العضو الضعيف الذي بدون هذه الوقاية سيكون على اتصال مباشر مع مركبات ضارة. في حالات أخرى، مثلًا في مجال التلوث البكتريولوجي (الجرثوميات)، يمكن للطين أن يكون بمثابة

حاجز للهواء، فهو بالتالي يؤدي إلى مكافحة فعالة ضد تطوير الجراثيم الهوائية (التي تتطلب الأكسجين). وعلاوة على ذلك، يمكن أن نعد الطين خزانًا لعناصر كيميائية أو جزيئات، بحيث يسمح لها بالمشاركة في التفاعلات والتبادلات الكيميائية مع الاستمرار في القيام بدور الحاجز المادي الذي يعزل المنطقة المعالجة في الوسط الخارجي.

تأثير الحاجز هو في المقام الأول تأثير فيزيائي وميكانيكي؛ فالطين يعزل الأنسجة عن البيئة الخارجية ويحافظ على الرطوبة اللازمة لها ولكن من دون البقع. التأثير الثاني هو أقل سهولة في الوصف، ويشمل تدخل الاحتياطي من العناصر الكيميائية القابلة للتداول، والتي ربما يمكن للجسم أن يستفيد منها عندما يكون وجوده محليا في حالة مضطربة جدا أو في عدم التوازن. في هذا النوع من الاستخدام، لا بد من المواظبة المستمرة الثابتة للحصول على بداية الالتئام، بحيث الجزء الواقع على سطح الأنسجة يتمكن من تشكيل حاجز جديد.

نفس الدور يمكن مناقشته لاستخدامات الطين عن طريق الجهاز الهضمي. توجد طريقتان تتعايشان مع بعضهما البعض ولا يمكن فصلهما. العمل الأول هو غطاء جدران الجهاز الهضمي وعزله عن السوائل الحمضية التي تسبب معاناة. العمل الثاني هو تكوين مادة هلامية (جل) معقدة جدا مع المواد المشكلة في المعدة، ثم الأمعاء. يتواجد الطين في بيئة حامضية جدا، تحتوي على العديد من الجزيئات القطبية. هذا النشاط المحتمل يحشد كل قدرات التفاعل للمعادن. الحساسية بالحموضة قد تؤدي في بعض الأحيان إلى تدمير الطين عن طريق هجوم حامضي. تعبئة الطين بالحامض يعطي بعض الراحة للجسم ويخففه. وغالبًا ما يُعتبر هذا الإجراء كافيا من قِبل المرضى الذين لا يشعرون بالحاجة إلى عملية جراحية أكثر طبابة.

2. الطين والغذاء

من المؤكد أن القارئ سيندهش حين يدرك أقدمية وأهمية الملاحظات حول الدور البيولوجي للطين. فتناولنا لمسألة استخدام الطين في مجال الصحة، لا يمكن أن ينسينا دور الطين في مجال التغذية.

أمام الفقر الذي يعم جزءًا كبيرًا من سكان العالم، إضافة إلى مشكل المجاعة، فإنه ليس من المستغرب أن نرى الأطفال يتناولون الطين. كما أن أكل المواد الترابية بقي على الأرجح في العديد من الأذهان، نتيجة صور بثتها وسائل الإعلام في العالم، والتي تبين الفطيرة التي تم تحضيرها من الطين من قبل سكان هايتي.

أكل المواد الترابية ليس حكرا على الإنسان؛ لقد تعلمت الحيوانات أيضا كيفية الاستفادة من فوائد الطين. مثلًا، يبتلع ببغاء الأمازون بعض الطين لجني الفائدة في الوصول إلى ضفاف متآكلة بفعل تيارات مائية. الطين موجودٌ أساسًا في "الأرض" وهو مستخدم عند آكلي التراب. ويعود تاريخ هذه التقاليد الحيوانية والإنسانية إلى العصور القديمة. ويتواجد الطين في بعض الأحيان كإضافة معدنية لصناعة الهلامي القوام أو مستعلقات لتنقية السوائل من الأغذية (مياه، زيوت، نبيذ، إلخ). كما أنه يستخدم على نحو فعال جدا في المطبخ للحفاظ على غذاء آمن من الهواء عن طريق طلاء وضمان مهم لطبخ لين.

كانت المنتجات الغذائية تخضع للمراقبة بشكل جيد في الأسواق. بعض وجبات الطعام كانت تستهلك على الفور والبعض الآخر تُعد ك "وجبات جاهزة للأخذ". المسئول الرئيس عن مؤسسة "الحسبة"، وهي الشرطة المكلفة بحسن سير العمل في مدينة العصور الوسطى، كان من مهامه إرسال مفتشين إلى جميع أسواق المدينة لمراقبة مختلف المهن. وكان الطين أحد المنتجات التي كان على المفتش معرفتها لأنه كان موجودا ومستغلا عند مختلف التجار.

بالنسبة للحوم المشوية والمخصصة للبيع، كان ينبغي على المفتش التأكد من أن الجدران الداخلية للأفران الخاصة باللحوم ملبسةٌ بالطين بشكل موثوق وبنوعية مرضية، معجنة عند مزجها مع الماء النظيف وذلك لضمان جودة اللحوم المطبوخة. وكان لزامًا أن يكون الوعاء المخصص للحوم المشوية غير مصنوع لا من الرصاص ولا من النحاس.

استشهد ابن سينا (980-1037م) في كتابه **القانون**، باستخدامات أخرى للطين، غير علاجية. كان تراب أرمينيا يستعمل بشكل عادي في المصوغات لصباغة الذهب. أما في الزراعة، فقد كان يتم تبييض كروم العنب بالطين أي "طين العنب" أو ما يسمى بـ"طين الكرم"، وذلك من أجل حماية الأوراق والبراعم من الديدان المهاجمة.

الخلاصة

كان استخدام الطين، في مجال الصحة، قديمًا جدًّا إلى أن تم استبداله بالكامل بالطرق الصيدلانية أو الطبية المسماة بالحديثة علميًا. الطين هو من مكونات عالم المعادن، والانسان عاش تقريبا دائمًا وهو في اتصال به. والماء، الذي كان الفاعل الرئيسي في تشكيل الطين خلال الأزمنة الجيولوجية المختلفة، وهو ذاته الذي يسمح للحياة أن توجد. لقد ظهرت الحياة من خلال الاتصال بين هذين العنصرين: الطين والماء. إذن ليس من المستغرب أن يكون هناك تفاعل قوي بين الطين والماء والكائنات الحية. ومن بين كل الكائنات الحية، وحده الجنس البشري الذي له الفضل والميزة في القدرة على الوصول تدريجيا إلى فهم آليات التفاعل بين هذه الكائنات.

لو لم يكن الطب العلمي موجودًا، فإن الطب التجريبي كان سيبقى الوحيد المتاح لنا، كما كان حاضرا لفترة طويلة. وفي ظل ظروف خاصة معينة، فإنه سيستمر ويستمر في الوجود. إنها فرصة للناس التي يمكن أن يكون لهم الآن تحت تصرفهم نهجين من الطب، وبالرغم من أن هذين النهجين مختلفان جدًّا، لكنهما يستطيعان أن يثري بعضهما البعض. في الوقت الذي كانت فيه العلوم والتكنولوجيا تنتج مواد رائعة ومفيدة، نجح الطين دائما في الأداء العلني رغم أقدمية استخداماته. جميع المستويات من التطبيقات تتعلق بدءًا من أشغال الهندسة المدنية إلى التكنولوجيا النانوية. وعند هذا المستوى يتم تحديد مفتاح تطبيقات الصحة.

يجب علينا النظر في قائمة العناصر الغذائية التي أصبحت موضع الشك في توازن الكائنات الحية، البعض موجود في نفس بنية الطين. والأكثر أهمية، هو البوتاسيوم والصوديوم والكالسيوم والمغنيسيوم والفوسفور. فكل هذه العناصر موجودة في آ واحد في الكائن الحي وفي الطين، ويمكن أن تهاجر من أحدها إلى الآخر حسب التراكيز الخاصة بكل واحد منها.

كان الانسان قد تعرّف بشكل سريع على المنفعة والفائدة من الطين. وفي غياب هيكلة علمية لتفكيره، قام الإنسان بادئ ذي بدء بنقل -على صعيد خطة مجازية- ما يمكن أن يلاحظه. وهكذا برزت إلى الوجود الأساطير والأوهام، في كثير من الأحيان كانت قريبة جدا من الواقع. الإنسان، واعيًا بوجوده ونهايته، كان دائما بحاجة إلى معرفة أصله. حدث الانتقال التدريجي من الأسطورة إلى هذه الرغبة في المعرفة بشكل طبيعي من خلال جلب لون ثقافي لذلك. ويمكن العثور على آثار هذا المسعى في جميع الديانات تقريبا. وإذا أمكننا الآن توضيح هذا النهج، يجب علينا أن ندرك أن هذه المعتقدات تقترب تدريجيا من نموذجنا العلمي. ويعتبر هذا التطور كلاسيكيًا، فهو لا ينتقص من الفائدة الروحية ولكنه يسمح بمنحه وضعًا أقرب إلى الواقع. عندئذ تستطيع الأسطورة أن تدخل في سياق التاريخ.

بالنسبة لكثير من الناس، من الصعب أن ننسى هذا الجانب السحري، نوعًا ما، لمادة الطين والمسماة رمزيا "الأرض". نحن لا نحاول أن نذهب عكس هذا الاتجاه بل نأمل ببساطة أن نقدّم لهؤلاء الذين يُعبّرون عن الحاجة أو الرغبة، طريقة للوصول إلى الأساليب العلمية. دون أن ننسى أن كل ما يسمح بالعودة الحقيقية إلى التوازن والانسجام في الصحة لا يمكن التغاضي عنه؛ العديد من خصائص الطين تسمح على الأقل هذا الاختيار.

نُشر الجزء الأول من المقال في مجلة بشائر العلوم، العدد 9، جانفي 2024.
https://www.ens-kouba.dz/magazine/pdf/n9/article9-13.pdf
نُشر القسم الأول من الجزء الثاني من المقال في مجلة بشائر العلوم، العدد 10، أفريل 2024.
https://www.ens-kouba.dz/magazine/pdf/n10/article10-2.pdf

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.

****

الفلّين، مادة إيكولوجية ذات خصائص تكنولوجية متميزة

يونس سعد الله
أستاذ بكلية العلوم والتكنولوجيا، جامعة جيجل
y.saadallah@univ-jijel.dz

مقدمة

تكتسب المواد ذات المصدر الحيوي من يوم لآخر في الوقت الراهن، المزيد من الاهتمام في عالم الصناعة والبناء بفضل خصائصها التكنولوجية والبيئية. في الواقع، غالبًا ما تُقدِّم هذه المواد حلولًا صديقة للبيئة تساهم في التقليل من الاستهلاك المفرط للطاقة ومحاربة المشكلات المتعلقة بالبيئة مثل ظاهرة الاحتباس الحراري والتلوث بجميع أنواعه.

ويُعتبر الفلين أحدَ هذه المواد ذات المصادر الحيوية، فهو عبارة عن مادة خلوية طبيعية ومتجددة ومستدامة. لِهذه المادةِ الصديقةِ للطبيعة خصائصُ تكنولوجية متميزة للغاية؛ فهي مادة خفيفة، مرنة، عازلة للكهرباء والحرارة والصوت، غير منفذة للغازات والسوائل وممتصة جيدة للصدمات. هذه الخصائص تجعل من الفلين خيارًا ممتازًا لتطبيقات كثيرة ومتنوعة.

أغلب كميات الفلين المنتجَة تُستخدم في صناعة السدادات، فيما يحتل مجال البناء والأشغال العمومية المرتبة الثانية من حيث الاستعمال. يُستخدم الفلين كذلك في التطبيقات الصناعية المختلفة، سواء كعنصر منفرد أو كعنصر في الهياكل المركبة. ويُستخدم أيضا على وجه الخصوص، في ميدان بناء السفن وتطبيقات الملاحة الجوية.

مما سبق ذكره من خصائص ومجالات استعمال الفلين، يتبين أنّ هذه المادة توفر ثروة اقتصادية كبيرة. وتُعتبر البرتغال الدولةَ الرائدة في إنتاج وتصدير الفلين في العالم. فإذا كان الإنتاج العالمي السنوي من الفلين يُقدّر بحوالي 200 ألف طن، فإنّ حصّة البرتغال منه تبلغ 46٪ من إجمالي الإنتاج أي ما يوافق 85 ألف طن سنويًا. وقد جلبت صادراتها من الفلين، على سبيل المثال، أكثر من 1.635 مليار يورو في عام 2020.

سنحاول من خلال هذا المقال إعطاء وصف علمي لمادة الفلين؛ بدءًا من تعريف المادة ومصدرها، ثم شرح البنيتين المجهرية والظاهرية للفلين حتى يتسنى لنا التطرق إلى الخصائص الفيزيائية والميكانيكية التي تجعله مادة ممتازة تستخدم في مختلف التطبيقات التي سيتم استعراضها.

1. الفلين

1.1. تعريف مادة الفلين

الفلين هو لحاء نوع من الأشجار يسمّى بلوط الفلين، يتم إزالته بشكل دوري كل 9 إلى 12 سنة حسب الخصائص الزراعية للمنطقة (الشكل 1). وهو مادة طبيعية ومتجددة ومستدامة استُغلت منذ عدة قرون في تطبيقات مختلفة بفضل خصائصها التكنولوجية والبيئية البالغة الاهتمام.

(أ) الوجه الداخلي

(ب) الوجه الخارجي

الشكل 1. لوح الفلين

2.1. البلوط الفليني (Quercus suber L.)

تنمو غابات البلوط الفليني في حوض البحر الأبيض المتوسط حيث تلعب دورًا بيئيًا هامًا يساهم في مكافحة التصحر ويحافظ على التنوع البيولوجي، الحيواني والنباتي.

البلوط الفليني هو شجرة ذات أوراق دائمة الخضرة تتميز بوجود لحاء سميك مع طبقة مستمرة من الفلين في الجزء الخارجي منها (الشكل 2 (أ)). تتميز هذه الشجرة بجذع قصير وأغصان سميكة حيث لا يتجاوز ارتفاعها 14إلى 16 مترًا، لكن يمكن لها أن تغطي مساحة ظل كبيرة جدًا تصل إلى 500 م^2 في بعض الأشجار الناضجة التي يتراوح عمرها من 150 إلى 200 عام مع محيط جذع كبير. وهي شجرة ذات أوراق خضراء داكنة، مع زغب أبيض كثيف على الجانب السفلي (الشكل 2 (ب)). شكل الورقة بيضاوي إلى مستطيل، وهامشها مجعد أو مموج. كما تتراوح أبعادها بين 4 إلى 7 سم طولًا و2 إلى 3 سم عرضًا [5].

(أ) جذع البلوط الفليني لشجرة صغيرة

(ب) أوراق البلوط الفليني

الشكل 2. البلوط الفليني

2. إنتاج الفلين

1.2. التوزيع الجغرافي لغابات البلوط الفليني في العالم

تكتسي غابات بلوط الفلين أهمية اقتصادية وبيئية معتبرة حيث تغطي مساحةً إجمالية تبلغ حوالي 2.123 مليون هكتار في جميع أنحاء العالم. تمتلك البرتغال 34% من هذه المساحة، أي ما يعادل 720 ألف هكتار. وتأتي إسبانيا

في المركز الثاني بنسبة 27%، ثم المغرب والجزائر بنسبتي 18% و11% على التوالي. وأخيراً، تتربع تونس على 4%، فرنسا وإيطاليا على 3% لكل منهما [2].

2.2. الإنتاج العالمي للفلين

يبلغ الإنتاج السنوي العالمي من الفلين حوالي 200 ألف طن، حيث يُنتج البرتغال وإسبانيا 46% و33% على التوالي من إجمالي الإنتاج السنوي العالمي. أما إنتاج المغرب والجزائر وتونس فيُقدّر بـ 6% و5% و4% على التوالي. بينما يبلغ إنتاج إيطاليا وفرنسا 3% سنويا لكل منهما [2].

3.2. استغلال الفلين

يتم استخراج الفلين من جذع وأغصان البلوط الفليني، بشكل شبه أنبوبي، خلال فصل الصيف وعلى فترات محددة لا تقل عن 9 سنوات. يمكن استخلاصه عندما يصل محيط الشجرة إلى 0.7 متر وقطرها إلى 0.22 متر، والموافق لعمر يتراوح بين 30 و40 سنة. كما يتم الاستخلاص على ارتفاع 1.3 متر من سطح الأرض. وتُستخدم في ذلك أدوات بسيطة ومحددة مثل: البلطة، المنشار اليدوي، السكين والحبال. يتم التحكم في جودة الفلين بعناية بدءًا من الاستغلال الميداني حتى المعالجة الصناعية، وهي إجراءات ضرورية من أجل تحديد مدى ملاءمة القيمة الاقتصادية لألواح الفلين والمنتجات النهائية.

3. أنواع الفلين

بشكل عام، توجد ثلاثة أنواع من الفلين: الفلين الأول (الفلين البكر)، الفلين الثاني والفلين الإنتاجي.

يُنتج الحصادُ الأول للفلين مادةً ذات بنية وسمك وكثافة غير منتظمة، تتميز بصلابة وخشونة كبيرة. ويسمّى الفلين الأول أو الفلين البكر. وهو عبارة عن فلين ذي نوعية رديئة، ويُستخدم بشكل أساسي على شكل طحين حبيبات لإنتاج ألواح الفلين والتي تستعمل لأغراض العزل أو الديكور.

يَنتج عن الحصاد الثاني فلين ذو بنية أكثر انتظامًا من الفلين البكر لكن دون أن يتمتع بصفات مُرضية، ويسمّى بالفلين الثاني.

بدءًا من الحصاد الثالث نحصل على الفلين الإنتاجي، حيث تخضع طبقة الفلين في هذه المرحلة لإجهادات نمو عرضية أقل بكثير لأن قطر الشجرة يكون أكبر. يتمتع هذا الفلين ببنية وسمك وكثافة منتظمة. ويعتبر الفلين الإنتاجي أجود أنواع الفلين ويستعمل أساسًا لإنتاج الصمامات.

(أ) الإنتاج

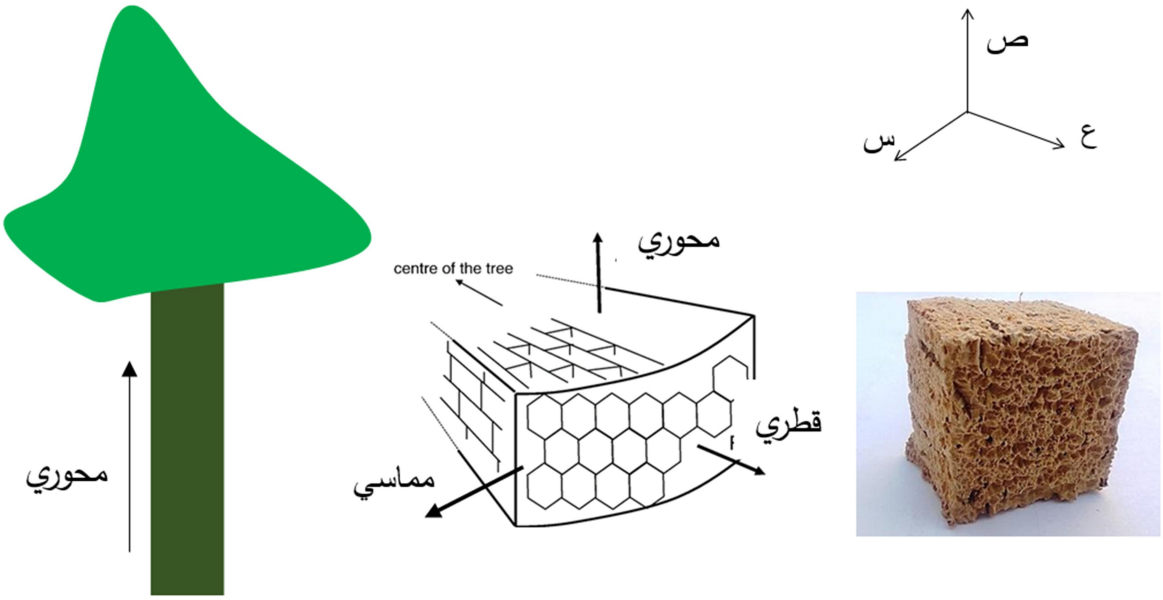
(ب) الثاني (ج) الأول

الشكل 3. أنواع الفلين

4. بنية الفلين

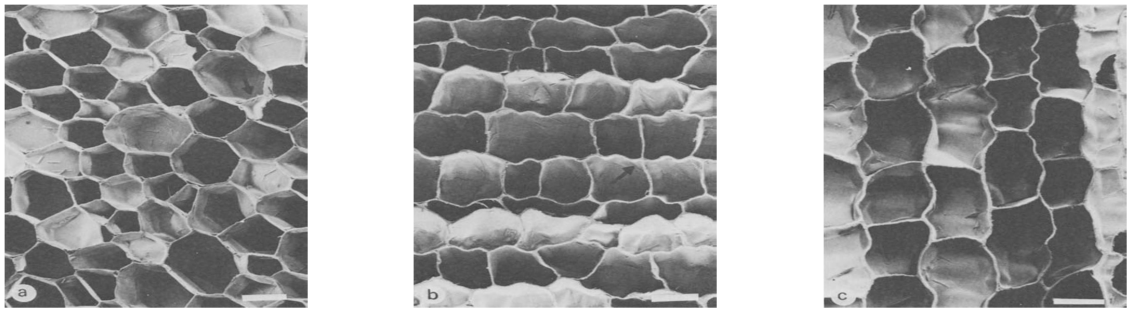
يعتبر الفلين مادة خلوية ذات خلايا مغلقة. حسب علم المواد، تُعرف المادة الخلوية بأنها مادة تتكون من عناصر خلوية فارغة، مفتوحة أو مغلقة، مع نسبة صلبة أقل من 30% من الحجم الإجمالي للمادة. في المواد ذات الخلايا المغلقة، تتكون المادة من أحجام متعددة السطوح ذات وجوه صلبة تكون على اتصال بالخلايا المجاورة [1].

يتطلب وصف بنية الفلين موقعه في الفضاء بالنسبة لموقعه الأصلي في الشجرة. تسمح التسميات المستخدمة في علم النبات بتحديد الاتجاهات والأسطح المختلفة. يتم تمثيل الاتجاه المحوري (المحور ص) بخط تطور الجذع، وفي الحالات المعتادة للسيقان المستقيمة، حيث يتوافق مع الاتجاه الرأسي. الاتجاه في المستوى المتعامد مع الاتجاه المحوري هو الاتجاه القطري (المحور ع) ويتوافق مع اتجاه سماكة الجذع (النمو القطري) للشجرة. أما الاتجاه المماسي (المحور س) فيحدد بزوايا قائمة على الاتجاهين الآخرين ويكون مماسًا لمحيط سطح الجذع.



الشكل رقم 4. الاتجاهات المتعامدة للفلين

يعرض الشكل 5 صورًا ملتقطة بالمجهر الإلكتروني الماسح لعيّنة من الفلين الإنتاجي في الاتجاهات الثلاثة المتعامدة. حيث يمكن وصف البنية ثلاثية الأبعاد للفلين بأنها مجموعة من الخلايا المنشورية المغلقة سداسية الشكل، مصفوفة وموجهة في الاتجاه القطري للشجرة حيث يتم تجميعها جنبًا إلى جنب، لتشكل هيكلًا يشبه "خلية النحل". يبلغ الحجم الذي تشغله جدران الخلايا الصلبة حوالي 10٪ فقط، أما الباقي فعبارة عن هواء.



(أ) الاتجاه المماسي (ب) الاتجاه المحوري (ج) الاتجاه القطري

الشكل 5. مسح صور بالمجهر الإلكتروني الماسح لعينة من الفلين الإنتاجي [6]

ويوضح الشكل 6 صورًا فوتوغرافية لقطعة من الفلين الإنتاجي في الاتجاهات المتعامدة: القطري، المحوري والمماسي، حيث نلاحظ وجود تشابه نسبي بين الصور المجهرية والظاهرية.

(أ) الاتجاه المماسي

(ب) الاتجاه المحوري

(ج) الاتجاه القطري

الشكل 6. صور فوتوغرافية لقطعة من الفلين الإنتاجي

5. التركيبة الكيميائية للفلين

يختلف تركيب الفلين عن أنسجة النباتات الأخرى، ولا سيما الخشب، اعتمادًا على الدور الذي يلعبه هذا النسيج في الشجرة [5]. ويعتمد ذلك على عدة عوامل نذكر منها: الأصل الجغرافي، الظروف المناخية، الأصل الوراثي، أبعاد الشجرة وعمرها، وكذلك نوع الفلين.

يتضمن التركيب الكيميائي للفلين عدة مكونات تصنف إلى خمسة أنواع [3]. تتوزع الكميات بشكل عام كما يلي:

- السوبرين (45% المكون الرئيسي والمسؤول عن الانضغاط والمرونة)؛
- اللجنين (27% بنية جدار الخلية)؛
- السكريات: السليلوز والهيميسيلولوز (12%، مرتبط ببنية الفلين)؛
- الشمع (6%، يطرد الماء ويساعد في الحفاظ على العزل المائي)؛
- العفص (6%، حماية المواد) والرماد (4%).

6. الخصائص التكنولوجية

تعتمد الخصائص التكنولوجية للفلين بشكل أساسي على بنيته وتكوينه الكيميائي حيث يجعلان منه مادة ذات خصائص بالغة الأهمية تمنح للمستهلك خيارات كثيرة من أجل استعمالها في تطبيقات مختلفة. وتتلخص أهم هاته الخصائص فيما يلي.

1.6. خفة الوزن

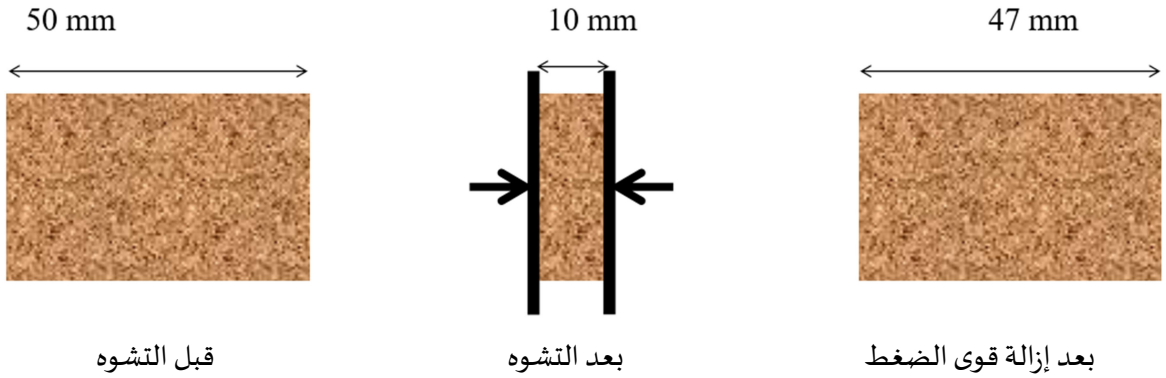
الفلين مادة خفيفة الوزن تتراوح كتلته الحجمية بشكل عام بين 110 و250 كغ\م^3. تعود هذه الخفة إلى بنيته الخلوية حيث تحتوي الخلايا على 85 إلى 90% من الهواء بداخلها [5]. نظرًا لكون الفلين مادة غير متجانسة، فإنّ تباين كتلته الحجمية يؤثر بشكل كبير على خواصه الميكانيكية.

2.6. المرونة

من الناحية الميكانيكية، المرونة هي قدرة المادة المشوّهة على العودة إلى أبعادها الأولية بعد إزالة القوى المؤثرة. يعتبر الفلين مادة مرنة للغاية؛ إذ أنه بعد تعرضه لضغط ينتج عنه تشوه بنسبة 80%، يستعيد الفلين تقريبًا أبعاده الأولية مع مرور الوقت بعد إزالة قوى الضغط [4]، والتشوه المتبقي لا يتجاوز 7.5٪. على سبيل المثال، إذا ضُغطت

قطعة فلين طولها 50 مم عن طريق تقليص طولها إلى 10 مم (الشكل 7)، تعود العينة إلى طول يصل إلى 47 ملم بعد إزالة قوى الضغط. أما بالنسبة للتشوهات الأقل من 30%، فتستعيد القطعة أبعادها الأولية كليا.

بالإضافة إلى ذلك، يتمتع الفلين بخصوصية وجود تقلص طولي دون زيادة في أبعاده العرضية. في الواقع، بما أنّ بنيته الخلوية تحتوي على حجم كبير من الهواء، فإن ضغط المادة يتسبب في خروج الهواء، مما يعطي تشوهًا عرضيًا مهملا.



الشكل 7. مرونة الفلين

من ناحية أخرى، يتميز الفلين بمعامل مرونة منخفض جدًا، مما يعني أنه من السهل أن يتشوه. ومع ذلك، يختلف هذا المعامل تبعًا لاتجاه التحميل، حيث يكون أكثر صلادة في الاتجاه القطري منه في الاتجاهين الآخرين، المحوري والمماسي. علاوة على ذلك، تمامًا مثل المواد الخلوية، فإنّ معامل المرونة حساس جدًا للكثافة أو الكتلة الحجمية. ويبين الجدول أدناه، لأغراض توضيحية فقط، معامل مرونة الفلين بدلالة الاتجاه والكتلة الحجمية.

الجدول 1. معامل مرونة الفلين بدلالة الاتجاه والكتلة الحجمية [1]

الكتلة الحجمية (كغ\م^3)	معامل المرونة (ن\مم^3)		
	الاتجاه القطري	الاتجاه المحوري	الاتجاه المماسي
150-110	17.39±4.53	16.61±3.28	14.39±4.79
190-150	22.57±5.07	16.26±2.57	16.75±3.88
250-190	16.12±4.5	18.53±5.19	19.07±4.47

3.6. العزل

يتمتع الفلين بخصائص عزل مثيرة للاهتمام. فهو عازل جيد للكهرباء والحرارة والصوت. وترجع أسباب تمتعه بهذه الخصائص إلى البنية الهيكلية للمادة، حيث تعتبر خلايا الفلين أصغر بكثير من خلايا المواد الخلوية العادية، مما يساعد على تفسير الخصائص العازلة الاستثنائية لهذه المادة. كما يعتمد انتقال الحرارة بالتوصيل على كمية المادة الصلبة في البنية الخلوية، إذ تتواجد بنسبة قليلة في الفلين. وبسبب التركيب الخلوي للفلين والفجوات الهيكلية الناتجة بأشكاله المختلفة، فهو يتميز بامتصاص صوتي جيد، إذ تصل نسبة امتصاصه إلى 70٪ من الصوت.

4.6. إخماد الصدمات

يعتبر الفلين مادة قادرة على امتصاص كمية كبيرة من الطاقة. وبالتالي فهو قادر على امتصاص الصدمات والاهتزازات، فسلوكه الميكانيكي الذي يتميز بلزوجة ومرونة عاليتين تجعلان منه مادة شبيهة بالموائع.

5.6. عدم نفاذية الغازات والسوائل

الفلين مادة غير منفذة للغازات والسوائل، تأتي هذه الخاصية من تركيبته الكيميائية التي تحتوي على مادة السوبرين وبنيتها الخلوية. بالإضافة إلى ذلك، يحتوي الفلين على عناصر طاردة للماء حيث تمنع امتصاصه وتخزينه داخل المادة وبالتالي عدم الاحتفاظ به إطلاقًا [5] [3].

6.6. الرسكلة

بعد انتهاء صلاحية التطبيق الذي يستخدم فيه الفلين، يمكن استعادته وإعادة استخدامه في تطبيقات مماثلة أو مختلفة. نظرًا لكونه مادة متينة، يمكن سحق الفلين مرة أخرى بعد استخدامه وإعادة إنتاجه في شكل مكتل أو موسع.

7. تطبيقات واستعمالات الفلين

إنّ طبيعة الفلين وتركيبته الكيميائية وبنيته تجعل منه مادة ممتازة مفضلة لتطبيقات مختلفة في مجالات متعددة، نذكر بعضا منها فيما يلي.

1.7. صنع السدادات

تظل سدادات القارورات من الفلين الطبيعي هي المعيار الأساسي لتطبيقات الفلين، حيث تتمتع بأعلى قيمة مضافة وأكبر سوق [7]. وقد استخدم الفلين لهذه الوظيفة منذ العصور القديمة، إذ أنه يمنع تسرب الغازات والسوائل من القارورات.

الشكل 8. صناعة سدادات الفلين [2]

2.7. البناء والأشغال العمومية

في السنوات الأخيرة، أبدى المهندسون المعماريون والمدنيون ومصممو الديكور اهتمامًا كبيرًا بالمواد الطبيعية، بما في ذلك الفلين [3]، لما لديه من مواصفات وخاصة الإيكولوجية منها. إذ توفر العديد من منتجات الفلين للمستهلك أشكالا وأنسجة وألوانا مختلفة، وخيارات جمالية واسعة في مجال الديكور والتصميم. أما من حيث العزل، فيمكن

استخدام الفلين على نطاق واسع في مجال البناء والأشغال العمومية حيث يوفر عزلًا حراريًا وصوتيًا جيدًا، يضمن إخمادًا كبيرًا للاهتزازات ومكافحة للرطوبة، كما يمنع تسربات المياه.

الشكل 9. استعمال الفلين في تطبيقات العزل [3]

3.7. بناء السفن وعناصر الطيران

إنّ خفة الفلين وخصائصه الحرارية وقدرته على امتصاص الصدمات تجعل منه مادة مفضلة في التطبيقات البحرية والفضائية، إذ يمكن استخدامه كعنصر مكون لبعض الهياكل مع الإيبوكسي أو شرائح الكربون والإيبوكسي مع حبيبات الفلين المدمجة [8].

4.7. تطبيقات صناعية

يستخدم الفلين في تطبيقات صناعية أخرى مختلفة، نذكر منها على سبيل المثال لا الحصر: المعدات العائمة، نعال الأحذية، معدات منع التسربات في السيارات وحاويات الزيوت، الخودات وحاملات الآلات الدوارة، بعض الألعاب وغيرها.

خاتمة

اعتمادًا على ما تم تناوله في هذا المقال، ولا سيما البنية والتركيبة الكيميائية وخصائص الفلين وتطبيقاته، يتبين أنّ هذه المادة الطبيعية المستدامة والمتجددة تُمثّل ثروة كبيرة على المستويين البيئي والاقتصادي. فالفلين يتمتع بمواصفات تكنولوجية متميزة جدا تجعل منه مادة تقدم خيارات ممتازة ومتعددة من أجل استعماله في تطبيقات مختلفة. عطفًا على ذلك فإنّ استغلاله وتصنيعه يخضع لأساليب خضراء صديقة للطبيعة.

في النهاية تجدر الإشارة إلى أنّ أبحاثًا كثيرة تجرى حول التوصيف الكيميائي وبعض الخصائص الفيزيائية التي تشكل تحديات كبيرة لتطوير تطبيقات جديدة للفلين والمنتجات التي تحتوي عليه.

المراجع

[1] Anjos, O., et al., Effect of density on the compression behaviour of cork, Materials & Design, 53, 2014, 1089-1096.

[2] APCOR, APCOR's Cork Yearbook 2020. https://www.apcor.pt/wp-content/uploads/2021/08/Cork_BoletimEstatistico_APCOR_2020.pdf

[3] Gil, L., Cork, in Materials for construction and civil engineering, Springer, 2015, 585-627.

[4] Jardin, R., et al., Static and dynamic mechanical response of different cork agglomerates. Materials & Design, 68, 2015, 121-126.

[5] Pereira, H., Cork: Biology, Production and Uses, Elsevier, 2011.

[6] Pereira, H., Rosa, M.E. and Fortes, M.A., The cellular structure of cork from Quercus suber L, IAWA Journal, 8(3), 1987, 213-218.

[7] Silva, S.P., et al., Cork: properties, capabilities and applications, International Materials Reviews, 50(6), 2005, 345-365.

[8] Silva, J.M., et al., Cork: Is it a good material for aerospace structures? in 52nd AIAA/ASME/ASCE/AHS/ASC Structures, Structural Dynamics and Materials Conference 19th AIAA/ASME/AHS Adaptive Structures Conference 13t., 2011.

******

تاريخ العلوم

من خلال عدسة الإسلام: تاريخ ما قبل اكتشاف النظارات، على ضوء المصادر العربية (5 وهو الأخير)

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

1. عدسة الشاعر: ابن حمديس (القرن 11-12م) يصف آلة بصرية مكبّرة من البلور

كان أول عهدي بالشاعر ابن حمديس وديوانه وقصيدته التي نحن بصددها في التسعينات حين عثرت في الرواية التاريخية "مجلس مصر" للكاتب الإيطالي الصقلّي ليوناردو شاشا Leonardo Sciascia (1921-1989) [9]، وقرأت في الترجمة الفرنسية [22] ما يلي (باختصار):

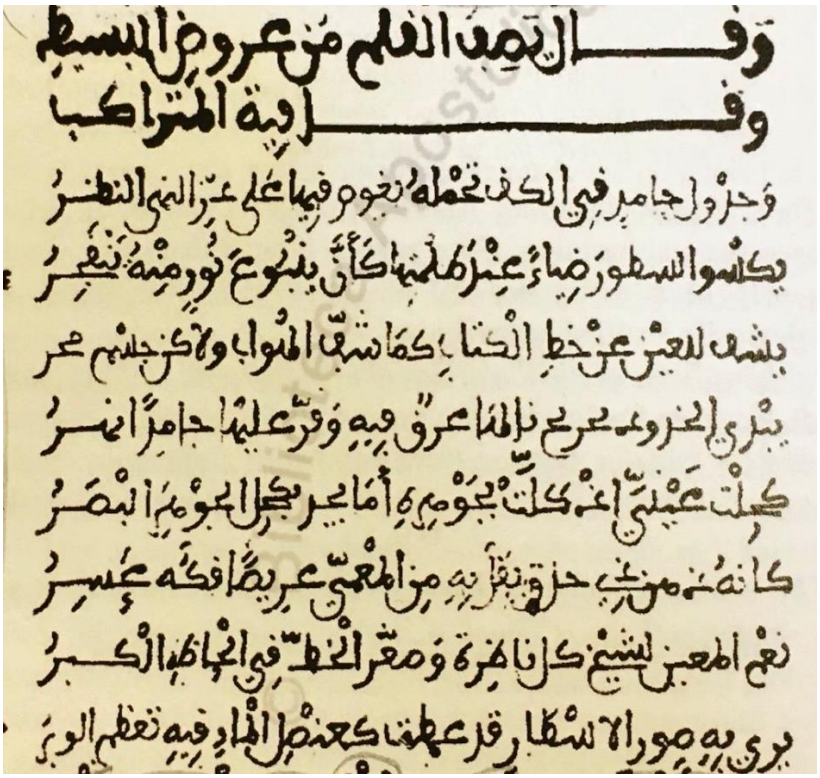
> "/.../ فأخذ صاحب السعادة عبد الله محمّد بن أولمان [هكذا، وهو تحريف عثمان]، سفير المغرب [وهو أحد شخصيات الرواية] فجأةً يفتّش في جيب معطفه الكبير فأخرج منه آلة مكبِّرة - بالذهب والحجر الكريم الأخضر- فأشهرها صائحًا "جدول جامد!" ثمّ ابتسم لأنه كان قد استشهد بكلام ابن حمديس إكرامًا لمستضيفه /.../".

ومن الطريف أنّني لم أدرك آنذاك مغزى هذا الكلام وظننته من مخيّلة الروائي الإيطالي، فلم أعبأ به ونسيته لسنين عديدة. ولمّا عُنيت بتاريخ النظارات، ولم أعثر في المصادر العربية على شيء ذي بال، لا باجتهادي ولا باسترشادي بالعلماء والخبراء الكبار والصغار، وجدت نفسي في حالة يأس مَن فقد ضالته ولم يجدها مهما أجهد نفسه. عندها أشفقت عليّ السرنديبية فأشارت ببنانها إلى ذلك الكتاب المنسي، فرجعت إليه مقتفيًا أثر ابن حمديس لأكتشف أن ذاك الكلام شبه الملغوز والذي ظننته خياليًا هو فعلاً اقتباس من شعره.

ولد أبو محمّد عبد الجبار بن أبي بكر بن محمّد بن حمديس الأزدي الصقلي في نوطس، بالقرب من سرقوسة، في جزيرة صقلية، في نحو سنة 1053م. وخلال حياته الطويلة التي قضى معظمها في الغربة، بعد مغادرته صقلية لمّا غزاها واستولى عليها النورمان، جال بين إسبانيا وشمال إفريقيا في خدمة الأمراء [1] [5] [19]، واشتهر كأكبر شاعر أنجبته هذه الجزيرة ومن أكابر الشعر العربي [12]. وقد أورث ابن حمديس الأدبَ العربي ديوانًا محفوظًا في مخطوطتين نفيستين (الفاتيكان وسانت بطرسبورغ) يحتوي على 370 قصيدة تجمع 6089 بيتًا. وحظي الديوان بثلاث نشرات محقّقة مهمة [2] [3] [4] [20]، وعدد كبير من الأبحاث وبعض الترجمات القليلة، منها ترجمة الديوان بكامله إلى اللغة الإيطالية مسبوقة مقدّمة مطوّلة ممتازة [21].

وقد برع ابن حمديس في جميع الأغراض الشعرية المعروفة (كالمدح والغزل والرثاء، باستثناء الهجاء)، والتي أضاف إليها الكثير إذ أنّ شعرَه يسودُه طابعُ السيرة الذاتية إلى حد كبير [11]. وبتجاربه في الحياة بات ابن حمديس شاعر الحنين إلى الوطن المفقود، وفراق الأحبّة، وفقد الشباب ورونقه والشيخوخة وهرمها. توفي ابن حمديس عام 1133م عن 80 سنة، على حدّ قوله [203/2]، إمّا في بجاية، حيث أمضى سنواته الأخيرة، وإمّا في مايورقا ودفن هناك إلى جنب قبر زميله ابن اللبّانة الشاعر المشهور (نقلًا عن ابن خَلِّكان) [5].

وإحدى قصائد ابن حمديس الوصفية، والتي للأسف غابت من مخطوطة سانت بطرسبورغ، تبدأ بنفس تلك الكلمات الواردة في رواية شاشا "وجدولٍ جامدٍ".



الشكل 1. قطعة شعرية في وصف آلة بصرية، من ديوان ابن حمديس، ص 43 هـ، نسخة (أندلسية) كتبها إبراهيم بن علي الشاطبي بالخط المغربي الأندلسي. وكان الفراغ منه يوم الخميس ليومين بقيا من المحرّم سنة سبع وستمائة (28 محرّم 607) مخطوط محفوظ في مكتبة الفاتيكان (Biblioteca Apostolica Vaticana) برقم 447. http://digi.vatlib.it/ view/MSS_Vat.ar. 447/0045

يلاحَظ من الفور أنّ نص المخطوط فيه أغلاط كثيرة ارتكبها الناسخ. وكان المؤرخ المصري الشهير أحمد تيمور (1871-1930) أوّل من أشار إلى هذه القطعة الشعرية البالغة الأهمية في مقالة نفيسة نُشرت عام 1919 [7]، بعد نشرالديوان لأول مرّة على يد المستشرق الإيطالي تشلستينو اسكياپرلي Celestino Schiaparelli (1841-1919) [4].

اقترح تيمور تصويبات لغوية يستقيم بها المعنى، فنهجتُ نهجه في نشر القطعة:

يغوصُ فيه بدلًا من يغوصُ فيها، الهواء بدلًا من الهواب، حجر بدلًا من مجر، يندي بدلًا من يبدي، الخدود عويصًا بدلًا من عريضًا، كعنصر بدلًا من كعنصل، ويَعظُمُ بدلًا من تعظُمُ. هذا وقد غفل تيمور عن تحريف آخر فأقترح "يفكّ" بدلًا من "يفلّ"، لأن "فكّ اللغز" و"فك المعمّى" هما التعبيران المستعملان كما هو معروف. وها هو نص القصيدة بعد تنقيحه:

وجدولٍ جامدٍ في الكفِّ تحملُه	يغوصُ فيه على درِّ النُّهى النّظَرُ
يكسو السطورَ ضياءً عند ظُلمتها	كأنّ ينبوعَ نورٍ منهُ ينفجرُ
يَشِفُّ للعينِ عن خطِّ الكتاب كما	شفّ الهواءُ ولكن جِسمُهُ حَجَرُ
يُندي الخدود بجُرحٍ* نَالَها عَرَقٌ	فيهِ وقَرَّ عَلَيها جامداً نَهرُ
كَحَلت عَيْنَيَّ إذ كَلَّتْ بِجَوهَره	أما يُحَدّ بِكُحْلِ الجَوهَرِ البَصرُ
كَأنَّه ذِهنُ ذي حذق يَفُكُّ به	من المُعَمّى عويصاً فكّهُ عَسِرُ

نِعمَ المُعينُ لِشَيخٍ كَلَّ ناظِرُهُ وَصَغَّرَ الخطَّ في ألحاظه الكِبَرُ
يرى به صُوَرَ الأسْطار قد عَظُمَتْ كعُنْصُر الماءِ فيه يَعظُمُ الوَبَرُ

*وفي نسخة سانت بطرسبورغ "يُندي الخدود بجريح".

2. التحليل اللغوي والبلاغي والأدبي للقصيدة

وبعد هذه التصويبات الضرورية، نلتفت الآن إلى هذه القطعة الشعرية الرائعة وما تستدعيه من التساؤلات التي سنحاول الإجابة عنها بيتًا بيتًا. بصرف النظر عن أهمّيّتها التاريخية، فإن هذه القطعة الشعرية لافتة للنظر من نواح مختلفة وخليقة بأن تُبحَث بحثًا أوسع مما يمكن في هذا المقام. فسنكتفي بتحليل لغوي وبلاغي وأدبي وعلمي موجز ودونما تعمّق. تجمع هذه القطعة القصيرة بين بنية القصيدة التقليدية ومقاربة مبتكَرة في تعامل الشاعر مع عناصر القصيدة، من محسّنات بلاغية ومعانٍ وأغراض شعرية مستجِدّة مميّزة لشعره، والتي لعلّها تسفر عن ماهية الموصوف.

- **عنوان للقصيدة**: منذ البداية يُثير عنوان القصيدة اهتمامنا لأنه يعلن عن وصف القلم! (الشكل 3)، وإذا به يصف آلة بصرية كما سنبيّنه. ثمّ يُلاحظ في العنوان إعجام حرفي الفاء والقاف بطريقة الخط المغربي الأندلسي، أي الفاء بنقطة تحت الحرف والقاف بنقطة واحدة فوقه، بخلاف النص الذي يُتبع فيه شكل الإعجام الشرقي.
- **البيت الأول**: إنّ العبارة الافتتاحية "وجدولٍ جامدٍ" تُبشّر بالمستوى العالي لهذه القطعة، وأغلب الظن أنها عبارة يتيمة في الشعر العربي، ولكنها تعكس كذلك معرفة ابن حمديس لعلم المعادن اليوناني العربي في عصره. ففي المفهوم القديم، البلور هو -كما ذكرنا سابقا- ماء متجمّد بسبب برد شديد. وهو رأي بليني Pliny وسينيكا Seneca وغيرهما من الكتّاب القدماء، وتبنّى هذا الرأي أيضًا علماء الحضارة العربية الإسلامية. وكلمة كريستال هي في الواقع شهادة ثابتة على هذا الاعتقاد، حيث أنها تدين بأصلها إلى الكلمة اليونانية كروستالوس χρύσταλλος بمعنى "الجليد" و"البلور الصخري". وبما أن العبارة "جدول جامد" ههنا كناية شعرية عن البلّور، فمن المحتمل جدًا أنّ كلمة بلّور (أو بلّورة) هي بالذات الكلمة المصطلح عليها لتسمية الآلة المكبّرة المستعملة آنذاك. أمّا العبارة "جدول جامد" وإن كانت نسيج وحدها من حيث التركيب فلها ما يضاهيها من حيث الكناية. هذا ونجد في الشعر العربي تعابير نادرة هي الأخرى تجمع "الغدير" و"الماء" و"جامد" كنايةً عن السيف كما في الأبيات التالية [6]:

هززتَ حساما فشبَّهتُه غديرًا من الماء، لكن جمد
فلما بدا لى أفرنده لهيبًا من النار، لكن خمد
فلولا الجمود، ولولا الخمود لسال لدى الهزّ أو لاتّقد

وهناك مثال من الكناية عن الجواد [16]:

يجري فيبعد من مدىً متقاربٍ أبدًا ويدنو من مدىً متباعد
إن سار فهو غدير ماءٍ مائجٍ أو قام فهو غدير ماءٍ جامد

ولقد سُقنا هذين المثالين (من الأندلس والمغرب الأقصى) لنبيّن أن ابن حمديس، إن كان مطّلعًا على هذا الشعر الأندلسي والمغاربي، فإنه مبدع في مجال المحسّنات البلاغية وقدير على إنماء القاموس الشعري وتجديده مع الحفاظ الشديد على قانون الشعر الكلاسيكي.

وإن فسّر أحمد تيمور هذا النصّ تفسيرًا صحيحًا على أنه وصف آلة بصرية (استخدم كلمة اللوب loupe)، فلأنه عالم وأديب بارز من أجلّ علماء عصره، متمتّع بعقل متيقّظ لم يَستبعِد إمكانية وجود مثل هذه الآلة في الثقافة الإسلامية. وقد يُفسَّر هذا التثبيط النفسي عند غيره من الباحثين المعاصرين بأنهم يستعصي عليهم حتّى التصوّر أنّ عدسة مكبرة قد تكون مقصودة في قصيدة عربية من أوائل القرن الثاني عشر. ومن المثير للاهتمام أنّ ما عبّر عنه في هذا السياق أحمد جبار، عالم الرياضيات ومؤرخ العلوم الجزائري، قريب من ذلك.

"/.../ من المحتمل أن العقول المبدعة سبقت عصرها، وكانت لديها فكرة صنع نظارات مكبرة لتحسين البصر. بل من الممكن أن يكون الشعراء والمؤرخون قد تغنّوا بهذا العمل الفذّ أو ذمّوه، ولم تصل إلينا هذه الآراء" [17].

الفعل "يغوص" (في الشطر الثاني من البيت) الذي يناسب دلاليًّا العنصر المائي "جدول"، ينقل فكرة العمق وبالتالي كثافة الآلة الموصوفة وشفّافيتها - ممّا ينمّ عن شكلها الشبه الكروي - التي يغوص فيها النظر، كصائد اللؤلؤ، على المعاني الثمينة المخبأة هناك، وهي الكلمات المكتوبة في قاعها. أمّا "الغوص" فهو استعارة شائعة الاستخدام في الأدب العربي. ومن قبيل الصدفة الجميلة أن هذه الاستعارة أوردها أبو الحسن علي بن بسام الشنتريني (حوالي 1048–1147م)، في كتابه الشهير "الذخيرة في محاسن أهل الجزيرة"، في وصفه لابن حمديس نفسه الذي التقى به شخصيًا، إذ قال عنه: "إنه شاعر ماهر يُقرطِس أغراض المعاني البديعة، ويعبّر عنها بالألفاظ النفيسة الرفيعة، ويتصرف في التشبيه، ويغوص في بحر الكلام على در المعنى الغريب" (نقلًا عن ابن خلّكان) [5].

- **البيت الثاني**: من المؤكد أن فحوى هذا البيت مجازي، لكن البلور حجر مشهور بشدّة لمعانه الخلاّب. أما التعبير المجازي "ينبوع النور" يرد أيضًا في شعر نظامي الشاعر الفارسي (1141-1209م)، وفي مخطوطات البحر الميّت، وهو شائع أيضًا في النصوص الصوفية والغنوصية (ينبوع النور، ينابيع الأنوار، إلخ).
- **البيت الثالث**: إنّ ذكر شفافية الهواء وصلابة الحجر تدلّ دلالة واضحة على أنّ الموصوف عدسة من البلور وظيفتها تمكين العين من قراءة المكتوب. ويبدو لي أنّ هذا البيت أقدم وصف شعري في التاريخ للخصائص المكبّرة لعدسة من البلور واستخدامها كحجر للقراءة. ولا نعدو الصواب إن قلنا إنّ الذي يصفه شاعرنا، وكان يراه بعينيه، هو لا محالة كما في هذه الصورة التي عرضناها ووصفناها في القسم الرابع من هذا المقال. عدسة من البلور الصخري محدّبة مسطحة موضوعة على صفحة من القرآن الكريم (سورة الأنعام، الآية 70). هذه العدسة التي اكتُشفت في حوالي منتصف القرن العشرين كانت محفوظة سابقًا في المتحف الوطني الجورجي بتفليس، وهي مفقودة منذ عام 1968.

الشكل 2. عدسة من البلور الصخري محدّبة مسطحة موضوعة على صفحة من القرآن الكريم

- **البيت الرابع**: هو الأكثر تحدّيًا لصعوبة فهمه فهمًا تامًّا، وذلك بسبب عبارة غير ثابتة القراءة والمعنى في الشطر الأول، وبالتالي اختلاف تفسيرها عند الباحثين. وهذه عبارة هي:
"يُبدي الخدود" عند سكياباريللي [182/4]،
"يُندي الخدود" عند أحمد تيمور [237/7] الذي يعتبر "يُبدي" تحريفًا، وعند عواد [13/14]، وكذلك عند لطف الله قاري [11/15] الذي يرى أنّ الموصوف النظارة توضع على الخدود.
"يُبدي الحروف" عند إحسان عباس [203/2]، وكذلك عند يوسف عيد [/205] لاعتقادهما أن الموصوف قلم، علمًا بأنّ الكلمة "الخدود" واضحة الرسم في المخطوط، ولا ذكر إطلاقًا للحروف في كلّ القصيدة، على أنّها تذكر "السطور" و"صور الأسطار" وخط الكتاب" و(صغر) "الخط"!
هذه الاختلافات في قراءة العبارة وفهما وتصوّر ما خلفها إن دلّت على شيء فإنما تدلّ على أنّ هناك إشكالًا أساسيًا لا يسهل معه ترجيح حلّ على آخر، ولكنه لا يؤثّر في قناعتي الراسخة أنّ الشيء الموصوف هو حجر للقراءة كما بيّنّاه بناءً على عناصر القصيدة ذاتها والأدلّة التي سقناها سابقًا من نصّ البيروني الهائل الأهمية (يراجع القسم الرابع من هذا المقال).
- **البيت الخامس**: الاكتحال بالكحل أي الإثمد للتجميل أو العلاج أمر أشهر من أن يحتاج إلى بيان. لكنّ الذي يروعنا هو كيف وظّف شاعرنا هذه السنّة الحضارية العادية، ومعرفته لخواص الأحجار الكريمة - أي فضائلها العلاجية، المشار إليها في القسم الرابع من هذا المقال - فنقلها إلى صور جديدة لتوليد معانٍ وعواطف مستجِدّة لم يسبق إليها غيره، وذلك ببراعته وقدرته على الابتكار. فالتورية التي بناها بتحويل الكحل والجوهر من الحقيقة إلى المجاز ليست مجرّد لعبة بلاغية بل هي دائماً - إذ أنّه لا يضِلّ عن هدفه وهو وصف الآلة - في خدمة تلك الدقّة والرشاقة اللّتين من أجلهما يغوص في أغوار اللغة .
- **البيت السادس**: يشبّه الشاعر صعوبة القراءة بسبب ضعف البصر بصعوبة فك العويص والمُعَمَّى وهما من مصطلحات اللغز. فالسؤال الملحّ عندي هو هل كان ابن حمديس نظّم قصيدة ملغزًا؟ ولكنه يعبّر أيضًا عن الحيرة الناجمة عن فقدان حدّة البصر. ولعلّ كانت هذه حالته آنذاك.
- **البيت السابع**: يلاحظ ابن حمديس، بعبارات تقديرية، أن كبار السن المصابين بضعف البصر يجدون الراحة باستخدام هذه الآلة، موضِّحًا بهذه الكلمات المؤثرة أنه كان متعاطفًا مع الأشخاص الذين يعانون من قصو النظر الشيخوخي، بل الأرجح أنه كان هو نفسه مصابًا بضعف البصر. وهكذا تكشف لنا هذه الكلمات عن شاعرية ابن حمديس المتشرّبة بإنسانيته، وتعرّفه لنا كأوّل من أثنى على استخدام هذه الآلة المساعدة على القراءة للمسنّين، أي قبل روجر بيكون Roger Bacon بمائتي عام، والذي أثنى عليه إدوارد روزن Edward Rosen كأول من وضع هذه الفكرة البارّة على الورق.
- **البيت الثامن**: يذكّرنا الشطر الأول بالوصف الذي قدمه البيروني لاتساع الأسطر المكتوبة (انظر القسم الرابع من هذا المقال). يُظهر الشطر الثاني معرفة ابن حمديس لتكبير الأشياء المغطوسة في الماء نتيجةً لانكسار الضوء عند دخوله في الماء، وهي ظاهرة بصرية مشهورة منذ القِدم.

بعد هذه الوقفة الأولى عند القصيدة أصبح واضحًا أن الشيء الموصوف هو أداة مساعدة على القراءة مصنوعة من البلور. والسؤال الحاسم هو هل هذه الآلة تتكون من عدسة واحدة أم من عدستين، وبعبارة أخرى أهي عدسة مكبّرة أم نوع من النظارات كيفما كان تثبيتها وحملها. كلتا الآلتين يمكن حملهما باليد، لكن القصيدة لم تذكر مقبضًا أو إطارًا أو

ذراعًا. من الوصف الوارد هنا نفهم فقط أن هذه الآلة كانت تُمسك باليد (البيت الأول)، لكن هذا الوصف غير دقيق بما فيه الكفاية. يمكن أن يعني مسك حجر القراءة أو مكبّرة أو نظارة، كما نرى ذلك على المنمنمات القروسطية.

منذ أول نشر للديوان عام 1897، جذبت هذه القصيدة انتباه قلّة من الباحثين على فترات متباعدة. وكان أحمد تيمور أوّل من افترض أن الأمر ليس وصف قلم أو نظارات، بل وصف لعدسة مكبّرة، محتجًّا على ذلك بأن أوّل مصمّم للنظارات، كما ذكر التاريخ، لم يخترعها بحقيقة المعنى بل قام فقط بتحسينها. وعلى نقيض رأي تيمور زعم ميخائيل عواد، دون أي دليل، بأن القصيدة بأكملها ليست وصفًا للمكبّرة بل وصف النظارات، وبالتالي ففضل اختراعها يرجع للعرب. ويرى لطف الله قاري أن الشاعر في البيت الرابع "كان يصف النظارة لا المكبّرة، فقال: "إنها تترك أثرا على الخدود كالنهر، كما هو الحال مع النظارة القديمة". هذا في رأيي لا يكفي وأعتقد أن المسألة بحاجة إلى زيادة البحث.

وبغض النظر عن ذلك، فإن الرسوم القروسطية وبعض الأبيات العربية المحفوظة فيها دلالة واضحة على أنّ النظارات القديمة كانت تُثبّت على الأنف، وها هنا مثال على ذلك. يقول الصفدي (696-764هـ/ 1297-1363م): "أنشدني [يعني صديقًا له شمس الدين الطيبي] من لفظه لنفسه في العيون الزجاج التي يعانيها من ضعف بصره لرؤية الخط الدقيق، ويضعها على أنفه" [13]:

لهفي على دولة التصابي ... وحق لي أن يزيد لهفي
كانت عيوني من فوق خدي ... فاليوم أمست من فوق أنفي

3. الخلاصة

هذه القصيدة الكاشفة فاجأتنا بمشاهد لم تكن في حيّز وعينا ولا دائرة أفقنا المعرفي، وفتحت أعيننا على واقع غير متوقع؛ إذ تقلب التصوّر السائد لتاريخ الآلات البصرية رأسًا على عقب، وتعكس رأيًا مخالفًا لما مرّ بنا من آراء علماء الطبيعة والفقهاء أمثال ابن الهيثم وتابعيه والغزالي وغيرهم من العلماء الذين ينبغي إلقاء الضوء عليهم من هذه الوجهة. هذه القصيدة رواية شعرية حية ومؤثرة، بل شهادة شاهد عيان على ظهور حجر القراءة في بلاد الإسلام في القرن الثاني عشر، تبشّر بظهور النظارات التي احتُفل بها في القرن الثالث عشر أيّما احتفال.

4. الخاتمة

هذه السياحة الممتعة في ربوع التراث التي قادتنا من سرنديب في المحيط الهندي إلى شمال إفريقيا على شاطئ البحر الأبيض برهنت على أنّ تاريخ التراث، وخاصة موضوعنا - تاريخ الآلات البصرية - جدير بالبحث والتنقيب. ونظرًا لهذه النتائج المشجّعة، فهل يعني أنّنا بذلنا أقصى جهدنا؟ كلاّ، فاعتقادي أنّ هذه الحصيلة ليست إلا تمهيدًا لما سيُسفر عنه البحث في المستقبل. وذلك لأن المادّة التراثية في هذا المجال وفي مجالات أخرى غزيرة لا تزال تنتظر من يتناولها بالتمحيص والتدقيق المتواصلين. فحبذا لو تنقاد الأجيال الصاعدة لخدمة هذا التراث بكل أمانة وموضوعية، أي التقيّد بالمنهج العلمي الدقيق، والتخريج الموثّق مع احترام أخلاقيات البحث كما نصّ عليه العلماء الأفذاذ.

لقد ذكرت في القسم الثاني من هذا البحث طائفة من أهدافه التي لا أكررها هنا، ولكن لي في هذا المضمار نصيحة قريبة إلى قلبي أودّ أن أبذلها للباحثين الناشئين. على الباحث في تاريخ التراث أن يركّز جهوده في المقام الأول على استخراج ما هو خليق بإضاءة ماضينا الحضاري المادّي واللامادّي، وألاّ يرضى بالحلول السهلة إن طلب غور الأمور، وأخيرًا أن ينعتق من مبدأ التنافس على الأسبقية والتفاخر بها، ليعوّل على وصف التراث وفهمه حسب ظروفه ومفاهيمه الخاصة. إنّ حماسنا للتراث كثيرًا ما يُنسينا أنّ فيه الغث وفيه السمين، وما على الباحث إلاّ أن يدرسه بغثّه وسمينه.

ومن جهة أخرى فإنّ البحث في تاريخ التراث ينبغي ألاّ يبقى محصورًا في الأبراج العاجية الأكاديمية، بل من الملحّ بمكان أن يدخل في التعليم وفي الكتاب المدرسي ليتسنّى لأطفالنا - وهم فِلذات أكباد العلم - أن يستنشقوا عبير التراث في وقت مبكِّر، عسى أن تتفتّق قرائحهم عمّا يُميلهم إليه وإلى السياحة فيه.

المراجع

[1] ابن حمديس، دائرة المعارف الإسلامية الكبرى، ج. 2، طهران، 1374ش / 1416هـ/ 1995م.

[2] ابن حمديس، ديوان ابن حمديس، تحقيق إحسان عباس، بيروت، 1960.

[3] ابن حمديس، ديوان ابن حمديس، تحقيق يوسف عيد، بيروت، 2005.

[4] ابن حمديس، ديوان عبد الجبّار بن أبي بكر بن محمّد بن حمديس الصقلّي السرقوسي، تحقيق جَلَستينو سِكْياپاريللي، رومية ١٨٩٧.

[5] ابن خَلِّكان، شمس الدين، وفيات الأعيان وأنباء أبناء الزمان، ج 3، تحقيق إحسان عباس، بيروت، 1970.

[6] ابن سعيد الاندلسي، رايات المبرّزين وغايات المميّزين، حققه وعلق عليه محمّد رضوان الداية، دمشق، 1987.

[7] تيمور، أحمد، أَعُيون من زجاج أم هي النظّارات؟، الهلال (2)، 1 ديسمبر 1919، 236-239.

[8] الجوادي، محمد، أحمد تيمور باشا الذي ارتفع بقيمة الثقافة حتى جاوزت السحاب.

[9] شاشا، ليوناردو [https://ar.wikipedia.org/wiki/ليوناردو_شاشا] .

[10] شلبي، سعد أسماعيل، دراسات أدبية في الشعر الأندلسي، القاهرة، 1973.

[11] شلبي، سعد أسماعيل، ابن حمديس الصقلّي: حياته من شعره، [القاهرة 1983؟].

[12] شلبي، سعد أسماعيل، ابن حمديس الصقلّي شاعرًا، [القاهرة]، 1986.

[13] الصفدي، خليل بن أيبك (توفي ٧٦٤هـ)، أعيان العصر في أعوان النصر، الجزء الثاني، يصدره فؤاد سزكين بالتعاون مع مازن عماوي، فرانكفورت، 1410هـ/1990م.

[14] عواد، ميخائيل، العرب أوّل من عرف النظارات، مجلة أهل النفط، 1956، 13.

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

[16] النويري، شهاب الدين، نهاية الأرب في فنون الأدب، ج 10، تحقيق يوسف الطويل، بيروت، 1424 هـ/2004م.

[17] Djebbar, Ahmed, Une histoire de la science arabe. Entretiens avec Jean Rosmorduc, Paris 2001.

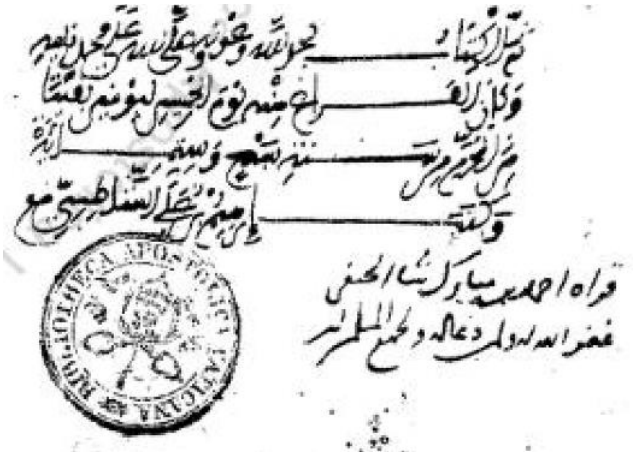
[18] Gari, Lutfallah, The Invention of Spectacles between the East and the West, published in 2008 https://muslimheritage.com/invention-spectacles-east-and-west/).

[19] Gómez García, Luz, Ibn Ḥamdīs al-Ṣiqillī, Lirola Delgado, Jorge y Puerta Vílchez, José Miguel (dir. y ed.): Biblioteca de al-Andalus, Almería, 2004, tomo III, [n° 535], pp. 268-272, cit. 268, 270.

[20] Ibn Ḥamdîs. Il canzoniere di ‘Abd Al-Gabbar Ibn Abi Bakr Ibn Muhammad Ibn Hamdis poeta arabo di Siracusa (1056-1133). Celestino Schiaparelli (ed.), Roma, 1897.

[21] Ibn Ḥamdîs. Il Canzoniere nella traduzione di Celestino Schiaparelli. A cura di Stefania Elena Carnemolla. Roma 1998.

[22] Sciascia, Leonardo, Le Conseil d'Égypte, roman traduit de l'italien [Il Consiglio d’Egitto, Turin 1963], Paris, 1965, p. 13.



قيد الختام لديوان ابن حمديس، مكتبة الفاتيكان
(Biblioteca Apostolica Vaticana)
رقم 447، ق 118/ و.

***

صحن من الفخّار المطلي، مكتوب عليه بالخط الكوفي:
"العلم أوّله مرّ مذاقه لكن آخره أحلى من العسل. السلامة [لصاحبه] ".
سمرقند، القرن التاسع أو العاشر الميلادي، محفوظ في متحف اللوفر، باريس

مصادرومحتوى وإسهامات الرياضيات العربية قبل القرن 6هـ/12م (4)
المصادر اليونانية (نظرية الأعداد) - الإسهامات الأصيلة للرياضيات العربية

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

سنتطرق في هذا الجزء من سلسلة المقالات، إلى مادة رياضية أخرى مصدرها يوناني، استقت منها الرياضيات العربية تقليدَها، ألا وهي نظرية الأعداد. وقد ذكرنا في المقالات السابقة المجال الخاص بالهندسة، وبهذا نكون قد أنهينا موضوع المصادر اليونانية. بعدها سنعالج الإسهامات الأصيلة للرياضيات العربية، وهي الخاصة بميداني الجبر والتحليل التوفيقي.

بهذا المقال نكون قد أكملنا القسم الخاص بالرياضيات العربية قبل القرن 6هـ/12م، وسنكمل بحول الله تعالى في المقالات القادمة، التقليد الرياضي العربي وعلمائه بعد القرن 6 هـ/12م.

1. نظرية الأعداد

في التقليد الرياضي العربي، احتلت نظرية الأعداد مكانة هامة، وهي من الموروث اليوناني وقد طُوّرت منذ الترجمات اليونانية للرياضيات. ظهر تياران من البحث في العدد وخواصه، أحدهما استقى مفهومَه وحسابه من كتاب **الأصول** لأقليدس Euclid (القرن 3ق.م.)، واستخدم فيه القطعة المستقيمة لتعريف العدد والبرهان الهندسي لإثبات الخواص. أمّا الآخر فيتموضع في حساب الفيثاغوريين المحدثين، ومصدرهم كتاب **المدخل إلى علم العدد** لنيقوماخس Nicomachus (حوالي 60-120م)، حيث استخدموا الاستقراء لاستخراج خواص الأعداد.

معادلة المقادير العددية المُنطقة والارتباط فيما بينها هو ميدان آخر في مجال نظرية الأعداد، وهو ما يعرف بالتحليل الديوفنطسي. وقد ارتبط بتيار ثالث مدروس في الرياضيات العربية وفيه أعمال كثيرة مطورة، كان مصدرها ترجمة كتاب ديوفنطس Diophantus (القرن 3م)، المعنون بـ **الأرتماطيقي** (Arithmetica) والمعروف أيضا بـ **المسائل العددية**. ولهذا يمكن تمييز ثلاثة توجهات فيما يخص علم العدد النظري، وهذا حسب الشروحات لكتب يونانية ترجمها الرياضيون العرب [6].

1.1 التوجه الأول: الفيثاغوريين المحدثين

هذا التوجه الفيثاغوري ناتج عن الترجمة العربية لكتاب **المدخل إلى علم العدد** لنيقوماخس، حيث تكتسي الأعداد الطبيعية وما تعلق بخواصها الفردية والزوجية وما ارتبط بهذين المفهومين أهمية خاصة، وتدرج في بداية مؤلفاتهم. كما يتناول بشكل مفصل تعاريف وخواص للأعداد الشكلية وحساب مختلف السلاسل العددية (مجموع الأعداد الفردية، الزوجية، المربعة، المكعبة، إلخ). هذه المجاميع استخدمت بعضها في حساب مساحة مسطحات وأحجام مجسمات. هذه الحسابات هي تقريبا مثلما نعرفه في حساب مجاميع ريمان واستخدامها لحساب المساحات والأحجام، مع فارق الأدوات والنظريات المستخدمة قديما وحديثا بالإضافة إلى التعميم على كل الأشكال في العصر الحالي. كما يعرض

هذا التيار تمييزًا للأعداد: التامة (1) وما اقترن بها من الأعداد الناقصة والزائدة، الأعداد المتعادلة (2) والأعداد المتحابة (3) [6].

محتوى كتاب **المدخل إلى علم العدد** تم تداوله في البلدان الإسلامية خلال كامل القرن الحادي عشر الميلادي. أول رياضي كانت له مساهمات أصيلة في هذا الميدان هو ثابت بن قرة (ت. 901م)، مع دراسة الأعداد المتحابة وابتكاره خوارزمية لحساب جزء من هذه الثنائيات. تبع ثابت بن قرة رياضيون آخرون حسّنوا طريقة الحساب. بالنسبة للأعداد الشكلية -وهي عبارة عن أعداد توافقها أشكال لمضلعات منتظمة- كان لهذا النوع من حساب الأعداد الشكلية في التقليد الرياضي اليوناني امتدادا في إطار نشاط الرياضيين في بلاد الإسلام في القرن العاشر الميلادي [7].

صورة مخطوط تظهر فيها أعداد شكلية مثلثة ومربعة ومخمسة.

(الصورة من كتاب **عمدة الطلّاب في معرفة علم الحساب** لإبراهيم القباقي الحلبي المتوفى سنة 851 هـ [3])

ارتبط حساب هذه الأعداد بمفهوم الأعداد الأولية، هذه الأخيرة كانت قيد البحث عند ابن الهيثم خلال حلّه للمسألة التي تسمى مسألة البواقي الصينية (4). في استمرارية للبحث في أعداد جديدة لكن ليس من بين المسائل الرياضية التي درسها اليونان، ووُجدت في التقليد الرياضي العربي وكانت أكثر انتقالا من الشرق إلى الغرب الإسلامي وحتى إلى أوروبا،

نجد ما يسمى "الأعداد المضمرة"، أي أن يضمر أحدهم في نفسه عددا، ويحاول شخص ثان اكتشاف هذا العدد، فيطلب من الشخص الأول القيام ببعض العمليات على العدد المضمر، ويقوم هو في نفس الوقت بنفس العمليات والحسابات، فيتحصل في الأخير على العدد المضمر. إنها لا تنضوي تحتها الأعداد فحسب وإنّما أيضا الكلمات والأسماء [6].

2.1 التوجه الثاني: تمديد لدراسة كتاب الأصول لأقليدس

كرَّس أقليدس كتابين من **الأصول** لامتداد مفهوم العدد الطبيعي إلى نسبة مقدارين. في الكتاب العاشر درس نسبة العناصر من نوع هندسي، والتي عُرفت لاحقا بالأعداد غير الناطقة وهي الجذر التربيعي ومن الدرجة الرابعة، إلخ، لعدد معطى. والكتاب الخامس خُصّص لنسبة مقدارين كيفيين قابلين للقياس أو غير قابلين للقياس. بعد دراسة معمقة للكتابين في الشرق الإسلامي، مددت المقادير الهندسية المعبر عنها كعدد والتي تنتمي إلى فئتين، مقادير غير ناطقة مستوية بسيطة ومقادير غير ناطقة مستوية مركبة، بفضل الماهاني (ت. 275هـ/888م). هذا الأخير ركز على مفهوم وحدة القياس لمقدار هندسي لتمثيل مقدار بنسبته المرفقة، وهو ما سمح له بتعميم مفهوم العدد لمقدار غير قابل للإنشاء والذي نعبّر عنه الآن على شكل جذر من الرتبة n مع $n \neq 2p$، وذلك بإضافة المقادير غير المنطقة المجسمة البسيطة والمركبة [7].

لاحقا، ابن حمْلة البغدادي (القرن 4هـ/10م) وَأبو بكر الكرجي (ت. حوالي 420هـ/1029م) وَابن عبد الباقي (ت. 454هـ/1100م) عرضوا مجموعة من الأعمال الأرتماطقية التطبيقية لهذه الأعداد الجديدة. عند الفارابي (ت. 339هـ/950م) كل المقادير الهندسية أُرفقت بأعداد. ففي كتابه **إحصاء العلوم** أكد أن المقادير الناطقة هي أعداد منطقة وأن الأعداد غير الناطقة هي أعداد صمّاء. بعدها البيروني (ت. 440هـ/1048م)، اعتبر أن نسبة محيط الدائرة إلى قطرها هي عبارة عن عدد [7].

3.1 التوجه الثالث: ديوفونطسي

كتاب **الأرتماطيقي** لديوفنطس، الذي ترجمه إلى العربية أو ترجم أجزاء منه قسطا ابن لوقا (القرن 3هـ/9م) تحت اسم **صناعة الجبر لديوفنطس**، يحوي معادلات عددية حلّها ديوفنطس بطريقة خاصة في مجموعة الأعداد الناطقة الموجبة. دُرس التحليل الديوفنطسي في التقليد الرياضي العربي وفق مسارين:

- المسار الأول جبري، وهو تحليل ديوفنطسي مُنطق، وله مصدران:
  - الأول مصدره مجهول. وقد بدأت دراسته في أواسط القرن التاسع للميلاد، وبالضبط بعد الخوارزمي (القرن 3هـ/9م) وقبل أبو كامل (ت. 930م) (بينهما حوالي خمسين سنة)، ولم يكن قد تُرجم بعد كتاب ديوفنطس من قبل قسطا بن لوقا الذي سمّاه صناعة الجبر لديوفنطس. يتجلى هذا التيار في مختلف المسائل التي أوردها أبو كامل في كتابيه: **كتاب الطرائف في الحساب وكتاب في الجبر والمقابلة**.
  - المصدر الثاني هو ترجمة كتاب ديوفنطس. هذا التيار مثّله الكرجي (نهاية القرن 4 وبداية القرن 5 الهجريين/القرن 10 وبداية القرن 11 الميلاديين)، حيث استخدم مبدأ الاستقراء. وهو يرمز إلى التحليل الديوفنطسي الذي عرّفه الكرجي في **الفخري** وفي **البديع**، وألّف فيه كتابًا أسماه **كتاب في الاستقراء**.
- المسار الثاني حسابي، يتركز على كتاب ديوفنطس في توجهه الأصلي وهو التحليل الديوفنطسي الصحيح. فقد دُرست انطلاقا من القرن العاشر الميلادي مسائل ديوفنطسية تدمج بين محاولة إيجاد حلول صحيحة للمعادلات الديوفنطسية من جهة، وإعطاء براهين لها على شاكلة براهين أقليدس من جهة أخرى [2].

في هذا المجال الثاني كان البحث عن الثلاثيات العددية (أي إيجاد الثلاثية الطبيعية (x, y, z) بحيث $x^n + y^n = z^n$ مع n عدد طبيعي موجب تماماً) وخواصها قائما، فقد كرّس لها الخازن (القرن 10م) ورياضيون آخرون في بلاد الإسلام أعمالًا أصيلة ، كما حاول رياضي مسلم آخر، وهو الخُجندي (القرن 10م)، إثبات استحالة الثلاثيات العددية من أجل $n = 3$، وهي المخمنة المشهورة المنسوبة إلى فيرما Fermat (1607-1665) [7].

2. المواد والإسهامات الأصيلة للرياضيات العربية

1.2 الجبر

في تمديد الممارسات الحسابية، رُسم توجهٌ جديد ابتداءً من القرن التاسع الميلادي بظهور مادة مستقلة وهي الجبر مع أدواته، حيث عرف تطورا مهما في الشرق موازاة مع البحوث الأصيلة ونشر العديد من المؤلفات التي خصصت فقط لهذه المادة [8]. فبين عامي 813م و833م في عهد المأمون، كتب محمد بن موسى الخوارزمي في بغداد، مؤلَّفه الشهير **كتاب الجبر والمقابلة**. ولأول مرة في التاريخ صيغت الكلمة "جبر" تحت عنوان يُدل به على علم لم تتأكد استقلاليته بالاسم الذي خص به فقط، بل ترسّخ كذلك مع نص لمفردات تقنية جديدة معدّة للدلالة على الأشياء والعمليات [3].

يتألف كتاب الخوارزمي من كتابين متساوي الحجم: الكتاب الأول مخصص لنظرية المعادلات وللحسابات الجبرية؛ والثاني يحمل عنوان "كتاب الوصايا" ويعالج مسائل الإرث والوصايا بحسب قواعد الشرع الإسلامي. يطبّق الخوارزمي الحساب الجبري على حل مسائل فقهية، وبفضل الجبر يحوّل ما لم يكن سوى حسابات فقهية إلى عمل تأسيسي لمادة علمية استمرت تتطور من بعده عُرفت تحت عنوان حساب الفرائض [4].

بعد مقدمة الكتاب، يأتي القسم الذي يحتوي على أسس الحساب الجبري ونظرية المعادلات الجبرية من خلال إدخال تعابير الجبر الأولية، وهي المجهول الذي يشير إليه الخوارزمي بكلمة "شيء" وأيضا بكلمة "جذر"، ومربع المجهول الذي يشير إليه بكلمة "مال"، والعدد والكسر (وجمعه كسور) وكلمة "عدل". كما يدخل عمليات الجمع والطرح والضرب والقسمة واستخراج الجذر، إضافة إلى عمليتي الجبر والمقابلة. بالنسبة للتعابير الهندسية، أدخل الخوارزمي مصطلحات الهندسة المستوية انطلاقًا من ترجمة حديثة العهد لكتاب **الأصول** وهو ما يوحي إليه القسم الثالث من الكتاب المخصص للمساحة [4].

ما يلاحظ في كتاب الخوارزمي الجبري أن المسائل المطروحة لم تتجاوز فيها الدرجة الثانية، والحساب الجبري (المتعلق خاصة بالجداء) لم يتجاوز جداء كثيري حدود من الدرجة الأولى. وبالتالي لم يكن مفهوم القوة الجبرية ظاهرًا في كتابه، وكذا مفهوم كثيرات الحدود، ولا الحساب عليها، وهو ما طوّره لاحقوه.

من خلال قراءة كتاب الخوارزمي، تمّ توسيع مفهوم القوة الجبرية من قبل الرياضيين أبي كامل وسنان بن الفتح (القرن 4-5هـ/9-10م.). هذا الأخير صاغ بوضوح المفهوم العام للقوة الصحيحة الموجبة. ربط سنان بن الفتح بين القوة الجبرية لعدد مجهول، وهو وحيد الحد، وبين رتبة عدد معلوم.

بالاستناد إلى جبر الخوارزمي المطوّر من قبل أبي كامل وكثيرين غيره، بالإضافة إلى القراءة الجبرية لكتاب **المسائل العددية** لديوفونطس وشرحه وتوسيع مفاهيمه من قبل رياضيين من أمثال أبي الوفاء البوزجاني (ت. 997م)، استنتجت وسائل مستحدثة مكنت من انطلاقة جديدة في الجبر بواسطة إدخال مفهوم كثيرات الحدود وإجراء عمليات الحساب عليها. وقد كان الكرجي أول من عرض هذه المفاهيم في مؤلفيه **الفخري** و**البديع**، حيث يجري عمليات الحساب على وحيدات حد من درجة موجبة وسالبة ثم كثيرات الحدود. بالنسبة للقسمة فهو يقوم فقط بقسمة وحيد حد على وحيد حد آخر، أو قسمة كثير حدود على وحيد حد. أما فيما يتعلق بالجذر التربيعي لكثير حدود، فقد تمكّن الكرجي للمرة

الأولى في تاريخ الرياضيات من إعطاء طريقة عامة في حال المعاملات الموجبة فقط. مع الكرجي كانت الانطلاقة الجديدة كليا على تقليد الجبريين العرب أمثال الخوارزمي وابن الفتح وأبو كامل، وذلك بعرض نظرية الحساب الجبري (5). وكانت غاية هذا العرض البحث عن سبل لتحقيق استقلالية وخصوصية الجبر كي يصبح بمقدوره بشكل خاص الاستغناء عن التمثيل الهندسي للعمليات الجبرية [3].

تطوّر علم حساب الجبر لغرض توسيع مجال تطبيق العمليات الحسابية لا لتشمل فقط الأعداد، ولكن أيضا مجال كثيرات الحدود. هذا التطور انتقل بالجبر، في التقليد الرياضي العربي، من دراسة معادلات الدرجة الثانية إلى حساب جذور الأعداد باستخدام جذور كثيرات الحدود، ليصل بعدها إلى نظرية المعادلات التكعيبية. هذه المعادلات التي واجه اليونانيون بعضًا منها في مسألتي تضعيف المكعب وتثليث الزاوية، والتي كانت الوسيلة إلى الحل بتقاطع القطع المكافئ مع القطع الزائد، ولم يفكر الرياضيون إطلاقا قبل الماهاني (ت. 880 م) بإرجاع هذه المسألة أو أية مسألة أخرى إلى عباراتها الجبرية [3].

فحسب قول عمر **الخيام (ت. 1131م)، في مؤلفه رسالة في قسمة ربع الدائرة في مسألة حل معادلة من الدرجة الثالثة، من الأوائل الذين استخدموا المزدوجة "هندسية جبرية" (أي إيجاد حل هندسي لمعادلات جبرية خصوصا لمعادلات الدرجة الثالثة) هم أبو سهل الكوهي (ت. 1014م) و أبو الوفاء البوزجاني و أبو حامد الصغاني (ت. 990م). وقد نجح البعض من هؤلاء حيث يؤدي التحليل فيها إلى أموال تعادل مكعبا وجذورا وأعدادًا (استخرجها أبو الجود). ويذكر الخيام أن الماهاني المهندس، في المسألة المتعلقة بقسمة الكرة بسطح مستو على نسبة معلومة، استخدم لغة الجبريين للتسهيل فأدى التحليل إلى أعداد وأموال وكعاب متعادلة ولم يمكنه أن يستخرجه بقطوع المخروطات، ثم نبغ أبو جعفر الخازن وتنبه إلى طريقه و أتى به في رسالة (هذه المسألة متعلقة بمسألة ارخميدس الخاصة بالمسبعات، وقد أتى ذكرها في مقالتنا السابقة** [5].

لم تتوقف إسهامات الرياضيين في التقليد العربي في الجبر، فقد كان هناك تطور آخر في الفترات اللاحقة وأدى إلى ابتكار وسائل وأدوات وحتى مواد جديدة في إطار هذا التقليد.

2.2 التحليل التوفيقي

في بلاد الإسلام، ممارسات التوفيقات (بمعنى المتعلقة بمسائل ترقيم وإحصاء مجموعة أشياء) ظهرت في ميدانين كبيرين هما: علوم اللغة (نحو، صرف، عروض، إلخ)؛ والرياضيات (الحساب والجبر). هذه الممارسات أعطت نتائج جديدة سمحت بإيجاد فصل جديد، وهو التحليل التوفيقي والذي طُور في إطار مادة يونانية هي "علم العدد" [7].

في علم اللغة، كانت البداية مع اللغوي الخليل بن أحمد الفراهيدي (95-170هـ/718-786م) في معجمه كتاب العين. اكتشف الفراهيدي، في مجال صرف اللغة العربية، العدد المحدود لعدد حروف جذور اللغة العربية المكونة للكلمات، وهو ما أدّى إلى إحصاء توفيقات 28 حرفا عربيا، وإلى إدراك أن جذور الكلمات العربية تتألف من حرفين حتى خمسة حروف. وجاء بعده المعجمي ابن دُرَيْد (223-321هـ/837-933م) في كتابه **الجمهرة**، حيث عمد إلى حساب العدد n^r حيث n هو عدد أحرف الأبجدية أي 28 علما أن $1 < r \leq 5$. قام بفحص جذور كل الكلمات، وهي تباديل 2 أو 3 أو4 أو 5 من 28. ومنذ الخليل أعطي لهذا الفصل الحسابي من التحليل التوافيقي البدائي عنوانًا حسابيًا، وظهر كلام اللغة كحقل مفضل للقيام بهذا الحساب الجديد وتطبيقاته. كان المسار هو عينه فيما يخص مجال العروض الذي خاضه وتابع العمل فيه الخليل، وتنسب أيضا إليه إحدى أوائل الرسائل في مجال علمي آخر بدأ يتشكل كمادة

علمية مستقلة ابتداءً من ذلك العصر هو علم التشفير أو التعمية وتحليل الرموز. هذا العلم وصل، في القرن التاسع على أبعد تقدير ومع الكندي، إلى أن يأخذ اسمًا يُعرف به إضافة إلى مفردات تقنية خاصة به [3].

في المجال الرياضي أول مساهمة كانت لها علاقة بالممارسة التوفيقية كانت من قِبل أبو كامل في **رسالة في مسائل الطيور** من أجل حل جملة معادلات لها عدة حلول. أدى ذلك إلى إحصاء كل الحلول الممكنة [7].

مع نشوء مادة الجبر وتجديده وتوسيعه الذي شكلت فيه نظرية المعادلات جزأه الرئيس، عاد الجبريون إلى الحساب ووسعوا التحليل التوافيقي. فخلال إعداد تقنيات استخراج الجذور مهما علت درجاتها المختلفة أُكتشف معها جدول معاملات وحيدات الحد وقاعدة صياغتها، وصيغه ذات الحدين المنصوصة لفظيا للقوى الصحيحة أو ما يعرف بالمثلث العددي، وهو ما يوجد في المؤلفات الجبرية للكرجي.

التعليقات

(1) العدد التام هو العدد الذي يكون مجموع قواسمه الفعلية (أي قواسمه ما عدا نفسه) مساوية له.

(2) الأعداد المتعادلة هي الأعداد التي يكون مجموع قواسمها الفعلية مساويا لنفس العدد.

(3) العددان المتحابان: يكون مجموع القواسم الفعلية لأحدهما مساوٍ للعدد الآخر.

(4) أراد ابن الهيثم حل جملة $p-1$ معادلة التالية $\begin{cases} x \equiv 1[i] \\ x \equiv 0[p] \end{cases}$ حيث p عدد أولي و $1 < i \leq p-1$[2].

(5) حساب الجبر ذكره الكرجي في كتابه **الفخري**، ص. 3. حيث يقدم الكرجي في هذا الكتاب فصولًا عن العمليات التقليدية لكتب الحساب من ضرب وجمع وقسمة ويطبقها على أدوات جبرية مثل وحيدات الحد (الشيء، المال، الكعب، مال المال، إلخ) [1].

المراجع

[1] أ. ب. الكرجي، الفخري في الجبر والمقابلة، مخطوط مكتبة عبد العزيز العامة بالرياض، قسم المخطوطات، رقم خ. (Om. 589).

[2] راشد، رشدي، التحليل التوافقي، التحليل العددي، التحليل الديوفنطسي ونظرية الأعداد، في موسوعة تاريخ العلوم العربية، ج. 2، إشراف رشدي راشد بمعاونة ريجيس مورلون، مركز دراسات الوحدة العربية، بيروت، 2005.

[3] راشد، رشدي، تاريخ الرياضيات العربية بين الجبر والحساب، مركز دراسات الوحدة العربية، بيروت، 2004.

[4] راشد، رشدي، رياضيات الخوارزمي، تأسيس علم الجبر، مركز دراسات الوحدة العربية، بيروت، 2010.

[5] رحيم رضا زاده ملك، موسوعة الخيام: رسائله العلمية والفلسفية والأدبية، ترجمة جلال زنكابادي، منشورات أرجوان –دار التكوين، دبي، 2013.

[6] غرابة، وسيلة، علم الحساب في التقليد الرياضي العربي (تصنيفه وأسسه)، مجلة المعارف للبحوث والدراسات التاريخية، المجلد 8، رقم 3، 2023، 110-159.

[7] Djebbar, Ahmed, Les nombres et leurs propriétés en pays d'Islam, chez Encyclopédie de l'Islam Iranienne, 2020.

[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.

المؤتمن بن هود (ت. 1085م).. ملك ورياضياتي

محمد مرابط

أستاذ بقسم الرياضيات، جامعة الشلف، الجزائر
merabetmohamed02@gmail.com

"ونحن نرشدكم إلى كتاب جمع فوائد الهندسة كلها باختصار التطويل وقصر الإيجاز في براهينه. يتبيّن من براهين أشكاله علوم انطوت تحت كل برهان منها فهو كتاب الاستكمال للمؤتمن بن هود ملك سرقسطة، لا يعدله شيء وجيز اللفظ نبيل البرهان."

يوسف بن عقنين (1150-1220م)

1. تصدير

قد أجمع مؤرّخو العلوم على أنّ الاهتمام الفكري الذي كان سائدًا بعد الفتح الإسلامي للأندلس سنة 711م هو اللغة العربية والدين، وهذا أمر طبيعي لتعريف الساكنة من المسلمين الجدد بأمور دينهم ودنياهم. أما الاهتمام الفعلي بالعلوم الرياضياتية فكان في عهد الدولة الأموية (بالأندلس) خصوصًا في عهد عبد الرحمن الناصر (912-961م) وابنه الحكم المستنصر (961-976م)، هذا الأخير الذي يرجع له الفضل في إنشاء مكتبة قرطبة سنة 961م.

إنّ علماء حضارتنا العربية الإسلامية كثيرون، حيث لا يمكن حصرهم فَهُم بالآلاف. لقد أحصى الباحث المغربي إدريس لمرابط في كتابه **مدخل إلى تاريخ الرياضيات في المغرب العربي** حوالي 639 رياضياتيًا منهم 260 من الأندلس والبقية من المغرب العربي.

لقد شهد القرن الخامس الهجري (الحادي عشر الميلادي) في الأندلس حركة علمية متميزة، خاصة في الرياضيات، من خلال أعمال الفلكي والرياضياتي أبو القاسم مسلمة المجريطي (950-1007م)، وابن السمح (979-1035م) الذي كان ملمًّا بعلمي العدد والهندسة، والقاضي ابن معاذ الجياني (989-1079م)، والرياضياتي والفلكي وجابر بن أفلح (1100-1150م) الذي ألّف تسعة كتب في علم الفلك.

من علماء الأندلس في الرياضيات والفلك الذين ذاع صيتهم، الرياضياتي والفلكي أبو القاسم أحمد بن عبد الله بن عمر الغافقي المعروف بابن الصّفّار (ق. 10م). ونجد كذلك أبو إسحاق النقاش الزرقالي (1029-1100م)، صاحب الأسطرلابات المشهورة باسمه "لوح الزرقالي" أو"الصحيفة الزرقالية". وهناك ابن سيّد (ق. 11م)، الذي كتب حول المتتاليات العددية، وتلميذه أَبُو بَكْرٍ مُحمّد بن يحيى بن الصَائِغْ بن بَاجَة التجيبي (1080-1138م)، الذي برع في الرياضيات وبخاصة في دراسة القطوع المخروطية والمنحنيات المستوية. ويمكن أن نذكر أيضًا الرياضياتي والفلكي والطبيب والفقيه عبد الله محمد الأوسي المشهور بابن الرقّام (1250-1315م)، الذي أتى إلى مدينة بجاية (الجزائر) بعد سقوط مدينة مرسية سنة 1266م، وأقام فيها مدة.

مع بداية الربع الثاني من القرن 11م سقطت الخلافة الأموية بالأندلس، وهكذا دخلت الأندلس في عهد جديد سُمي بعصر ملوك الطوائف (أو عصر الفرق). ومن بين الممالك التي تحقق لها البروز على الساحة مملكة بني هود في سرقسطة Zaragoza، حيث تميزت بالاهتمام بالعلوم الرياضياتية، حتى أصبحت في القرن 11م، مركزًا مهمًّا للدراسات والعلوم الرياضياتية. فنجد على سبيل المثال لا الحصر أبي عبد الله بن أحمد السرقسطي (ت. 1095م) الذي برع في

الأعداد والهندسة، بالإضافة إلى أبي الفضل بن حسداي الذي برع في علمي العدد والهندسة، ومحمد بن سليمان التجيبي (ت. 1135م) المكنى بأبي عبد الله وهو من أهل سرقسطة وسكن المرية وكان من أهل المعرفة بالحساب.

نريد في هذا المقام تسليط بعض الضوء على واحد من الرياضياتيين المرموقين في الأندلس، وهو المؤتمن بن هود ملك سرقسطة، الذي لم يمنعه انشغاله بالسياسة والملك عن البحث والتأليف في الرياضيات.

2. حياته السياسية ومكانته العلمية

هو أبو عامر يوسف بن أحمد بن هود الملقب بالمؤتمَن بن هود، وهو ثالث ملوك عائلة بن هود التي حكمت إقليم سرقسطة بالأندلس ما بين 1039م و1146م. وهو الابن الأكبر لأحمد المقتدر، ودام حكمه من 1081م حتى وفاته سنة 1085م. ورث المؤتمن حكم سرقسطة عن أبيه وورث أخوه الأصغر المنذر (ت. 1080م) حكم "لاردة" و"طرطوشة" و"دانية". وكانت بين الأخوين خصومة أدّت إلى نشوب معركتين بينهما فاز في كلتيهما المؤتمن.

يعود اهتمام المؤتمن بالعلوم إلى أبيه الذي كان يرعى العلماء ويهتم بالعلم، وهذا ما أشار إليه إسماعيل بن محمد الشقندي (ت. 1232م) في رسالة دفاعه عن الأندلس افتخارَه بالمقتدر، حيث قال "وهل لكم في علم النجوم والهندسة والفلسفة ملك كالمقتدر بن هود صاحب سرقسطة فإنه كان في ذلك آية". فكان من أسباب اهتمام المؤتمن بالعلوم هو المحيط الذي نشأ فيه، وهذا ما أشار إليه ابن عذاري المراكشي في وصفه لبلاط أحمد المقتدر (والد المؤتمن) بقوله "كان عنده من العُمال والكُتاب ما لم يكن عند غيره في وقته".

يُرجح المؤرخون إلى أنّ المؤتمن يكون قد اطلّع -كونه من الأسرة الملكية- على المؤلفات العلمية التي جمعها الخليفة الأموي الحكم الثاني (915-976م) طوال فترة حكمه. كما اطلّع المؤتمن كذلك على كتاب **المناظر** لابن الهيثم (965-1040م) واعتمد عليه في أعماله، بالإضافة إلى اطلاعه على أعمال إبراهيم بن سنان (908-946م). وكُنّي المؤتمن بـ الملك المهندس نظير إسهاماته الأصيلة في مجال الهندسة.

يقول عنه القلقشندي (1355-1418م)، مؤلّف موسوعة **صبح الأعشى في صناعة الإنشا**: "وكانت له اليد الطولى في العلوم الرياضية وألّف فيها التآليف الفائقة مثل المناظر والاستكمال." ويذكر صاعد الأندلسي (1029-1070م) المعاصر للمؤتمن، في كتابه **طبقات الأمم** عند وصفه للملك المهندس، بأنه كان بارعًا في الرياضيات ومتميزًا في المنطق والعلم الطبيعي والعلم الإلهي. لكن صاعد لم يذكر أي عمل للمؤتمن. لذلك يرجح مؤرخ العلوم الهولندي يان هوخندايك Jan Hogendijk أنّ كتاب **الاستكمال** أُلِّف بعد سنة 1065م.

لم يتوصّل مؤرخو تاريخ الرياضيات إلى معرفة متى بدأ المؤتمن التأليف. وفي هذا السياق يرى مؤرخ العلوم العربية رشدي راشد أنّ المؤتمن ألّف كتاب **الاستكمال** وهو لا يزال وليًّا للعهد؛ إذ ليس بإمكان ملك أن يؤلّف كتابًا من حجم كتاب **الاستكمال** خلال أوقات الاستراحة التي تسمح بها أعباؤه.

3. كتاب الاستكمال

بعدما اعتُبر كتابًا مفقودًا من قِبل مؤرخ العلوم الأمريكي جورج سارتون (1884-1956) George Sarton، تمكّنا الباحثان، الجزائري أحمد جبار والهولندي يان بيتر هوخندايك، من العثور على نسخة من مخطوط كتاب **الاستكمال** في مطلع الثمانينيات من القرن العشرين.

لقد جاء كتاب **الاستكمال** في جزئين. تضمّن الجزء الأول القضايا النظرية مع تقديم براهينها بدّقة عالية، حيث تناول حوالي 400 قضية موزّعة إلى خمسة أنواع: نظرية الأعداد، ونظرية المقادير الصماء، وهندسة الأشكال المستوية القابلة للإنشاء، وهندسة الأشكال الكروية، وهندسة المخروطات. كما يوجد بهذا الجزء العديد من المواضيع التي تعرّض

لها الرياضياتيون الإغريق مثل أُقليدس (300-265ق.م.) Euclid وأرخميدس (287-212ق.م.) Archimedes. أمّا الجزء الثاني فإنه لم يصل إلى أيدي المؤرخين.

يقع كتاب **الاستكمال**، وهناك من يسميه **الاستهلال** مثلما ما ورد في كتاب **هدية العارفين أسماء المؤلفين و آثار المصنفين** لصاحبه إسماعيل باشا البغدادي (1839-1920م) بقوله "له كتاب الاستهلال وكتاب المناظر في الرياضيات"، في أربع مخطوطات موزعة على أربع مكتبات عالمية:

- المخطوط الأول موجود في جامعة ليدن بهولندا تحت رقم Or. 123/1 ويحتوي على 80 ورقة؛
- المخطوط الثاني موجود بالمكتبة الملكية في كوبنهاغن بالدانمارك، برقم Or. 82 ويحتوي على 128 ورقة؛
- المخطوط الثالث موجود ضمن ممتلكات دار الكتب بالقاهرة، ضمن مجموعة مصطفى فاضل ورقمه 41م؛
- المخطوط الرابع موجود في المكتبة الظاهرية بدمشق، تحت رقم 5648-عام.

من خلال محتوى كتاب **الاستكمال** يظهر أنّ المؤتمن كان يملك مكتبة تحوي أجود الكتب الرياضياتية والتي اعتمد عليها كمصادر لكتابه، نذكر منها:

- كتابي أقليدس **أصول الهندسة والمعطيات** (أو المأخوذات)،
- كتاب أرخميدس **في الكرة والأسطوانة**،
- كتاب أبلونيوس (262-190ق.م.) Apollonius **المخروطات**،
- مقالتا ثابت بن قرة (836-901م) **الأعداد المتحابة والشكل القطاع**،
- رسائل بني موسى (القرن 9م) **قياس الأشكال المستوية والكريّة**،
- كتاب إبراهيم بن سنان (908-946م) **تربيع القطع المكافئ**،
- كتاب ابن الهيثم (965-1040م) **المناظر** ومقالته **التحليل والتركيب**.

لقد تداول استعمال كتاب **الاستكمال** في المغرب والمشرق. وفي هذا الإطار يبدو أنّ ابن المنعم العبدري (ت. 1228م) استعمل في كتابه **فقه الحساب** عددًا من قضايا كتاب **الاستكمال**، حيث اقتبس منه العديد من التعاريف، وألزم طلبته بكتاب المؤتمن وحثّهم عليه إن هم أرادوا استيعاب وفهم كتاب **فقه الحساب**. كما أنّ كتاب **الاستكمال** كان متداولًا لدى العلماء خلال القرون الوسطى، وهذا ما أشار إليه ابن خلدون (1332-1406م) بقوله "وهلك أحمد المقتدر سنة أربع وسبعين لتسع وثلاثين سنة من ملكه، فوُلّي بعده ابنه يوسف المؤتمن. وكان قائمًا على العلوم الرياضية وله فيها تأليف مثل الاستكمال والمناظر، ومات سنة ثمان وسبعين وهي السنة التي استولى فيها النصارى على طليطلة من يد القادر بن ذي النون".

زيادة على ما سبق فقد وصل كتاب المؤتمن حتى المشرق العربي، وهذا ما أشار إليه ابن الأكفاني (1286-1348م) في موسوعته **إرشاد القاصد إلى أسنى المقاصد في أنواع العلوم** إذ يقول "ولم أر إلى الآن كتابًا يشتمل على هذه الأجزاء العشرة. لكن لو كمل تصنيف الاستكمال للمؤتمن بن هود، رحمه الله، لكان كافيًا مغنيًا".

يشير مؤرخ العلوم أحمد جبار إلى أنّ كتاب **الاستكمال** ظلّ يُدرس في المغرب العربي في القرنين الثالث عشر والرابع عشر، ويستدل على ذلك بابن البنا المراكشي (ت. 1221م) الذي اعتمد على كتاب المؤتمن في **رسالة التكسير** كمرجع أساسي وبنفس رتبة مراجع أخرى ككتاب **الأصول** لأقليدس وكتاب **الكرة والأسطوانة** لأرخميدس. ويضيف أحمد جبار أنّ كتاب المؤتمن استخدم حتى أواخر القرن الرابع عشر في المغرب العربي معتمدًا على كتاب **التمحيص في شرح التلخيص** لابن هيدور (ت. 1413م).

ويستعرض الأستاذ أحمد جبار ثلاث شهادات تثبت وجود واستعمال كتاب المؤتمن في المشرق، إذ يذكر ما جاء في كتاب **إخبار العلماء بأخبار الحكماء** لابن القفطي من أنّ ابن ميمون (ت. 1204م) قد أدخل تحسينات على تحرير

كتاب المؤتمن، ودرسه خلال إقامته بالقاهرة. كما يذكر كذلك شهادة تلميذ ابن ميمون، ابن عقنين (ت. 1226م) الذي يقول في كتابه **طب النفوس**: "ونحن نرشدكم إلى كتاب جمع فوائد الهندسة كلها باختصار التطويل وقصر الايجاز في براهينه يتبين من براهين أشكاله علوم انطوت تحت كل برهان منها فهو كتاب الاستكمال للمؤتمن بن هود، لا يعدله شيء وجيز للفظ نبيل البرهان". وآخر الشهادات التي ساقها الأستاذ أحمد جبار هي شهادة الرياضياتي ابن سرتاق المراغي من القرن الرابع عشر، الذي درس كتاب **الاستكمال** بل وحرّر أيضًا نصًا جديدًا يُتّم النص الأول لكتاب المؤتمن، وعنوانه **الإكمال**.

4. المؤتمن وجيوفاني سيفا

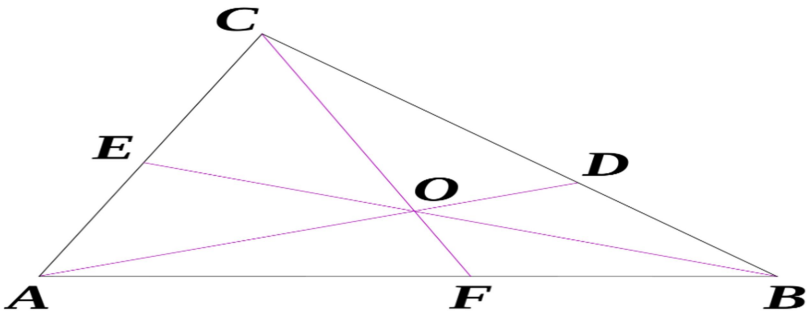
جيوفانى سيفا (Giovanni Ceva) هو رياضياتي إيطالي وُلد يوم 01 ديسمبر سنة 1647 بمدينة ميلانو الإيطالية، وتوفي في 01 ماي سنة 1734 بمانتوفا (إيطاليا). تكوّن سيفا في كلية اليسوعيين في ميلانو، ثم في جامعة بيزا، وفي سنة 1686 تم تعيينه أستاذًا لمادة الرياضيات بجامعة مانتوفا.

تخصص سيفا في الهندسة. وفي سنة 1678 توصّل إلى مبرهنة شهيرة في الهندسة حملت اسمه، وتنصّ أنه إذا كان ABC مثلثًا وكانت النقاط D وE وF واقعة على الأضلاع BC وAC وAB على الترتيب، فإنّ المستقيمات (AD) و(BE) و(CF) تتقاطع في نقطة واحدة O إذا وفقط إذا كان

$$\frac{\mathrm{AF}}{FB}\cdot\frac{BD}{DC}\cdot\frac{CE}{EA}=1.$$

تضمّن كتاب **الاستكمال** للمؤتمن بن هود برهانًا دقيقًا لنظرية سيفا، وهذا قبل حوالي ستة قرون ونصف من وفاة جيوفاني سيفا. ولذا يحق، حسب المؤرخ الهولندي يان هوخندايك، أن تسمّى مبرهنة سيفا بمبرهنة المؤتمن بن هود.

****



الرياضيات بجامعة الجزائر غداة 1962: مخاض عسير (3)

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.

8. الوسائل المتاحة

إن وجود عمار القلّي، الذي تولى الشؤون الإدارية، طوال هذه الفترة، سمح باستمرارية العملية وساعد في إنشاء فريق مستقر، سواء من جانب المتعاونين القادمين من الخارج أو من جانب "المدرسين-الطلبة". ولما كان عمار القلّي قد شغل منصب رئيس قسم الرياضيات من جانفي 1969 إلى ديسمبر 1971، وكانت تربطه غلاقة وطيدة مع رشيد توري (عميد كلية العلوم، ثم رئيس جامعة الجزائر)، فقد سَهُلت الاتصالات بالإدارة الجزائرية، وبالتالي، مع المصالح الثقافية بالسفارة الفرنسية في الجزائر كلما تعلق الأمر بقدوم أحد المتعاونين الفرنسيين إلى الجزائر العاصمة.

كانت النقطة الأساسية هي الاستقرار والتماسك في نواة الفريق. وكان قسم الرياضيات في جامعة نيس مركز نواة الفريق في أوروبا. وظل مارتن زرنير ضمن هذه النواة طوال هذه الفترة، وظل فيها أيضا بيير غريسفارد بدءا من عام 1967 وبوتيه دي مونفيل بعد سنوات قليلة من أداء خدمته العسكرية في الجزائر. أما جيومونا وباردوس فكانا ضمن المجموعة خلال سنة بالنسبة للأول وسنتين بالنسبة للثاني. كان لجميع هؤلاء مواضيع بحثية متقاربة، وأحيانا مشتركة، وكذا روابط شخصية وثيقة.

يمكن أن نقيّم ذلك من خلال دراسة ما حدث في اختصاص الاحتمالات والإحصائيات: كانت هناك محاولة في النصف الأول من السبعينيات لإنشاء فريق في هذا المجال العلمي. كانت لهذه المحاولة حظوظ قوية إذ كان هناك أستاذ مساعد كفؤ مقيم في جامعة الجزائر، وهو فرانسوا شارلو François Charlot، ابن أحد الأقدام السوداء الذي اضطر إلى المنفى في فرنسا بعد محاولة اغتياله من قبل منظمة الجيش السري (OAS). كان هذا الأستاذ متحمسًا للغاية. من جهة أخرى، أمضى جان لوك بيتي Jean-Luc Petit الأستاذ بجامعة مونبلييه Montpellier، المتخصص في هذا

المجال، سنتين جامعيتين في الجزائر (1972-1973 و 1973-1974) للتدريس في دبلوم الدراسات المعمقة دون سواه. وقد ساعد في تنفيذ هذا المشروع فريق ممتاز من باريس. غير أنه لم تتمخض عن هذا المشروع سوى أطروحتين لدكتوراه الدور الثالث في الجزائر وأطروحة دكتوراه الدولة لفرانسوا شارلو نفسه. وغادر الجزائريان إلى فرنسا والولايات المتحدة[3]. ومما لا شك فيه أن هذا الفشل يرجع سببه إلى نقص المتابعة الطويلة النفس، وربما أيضا إلى انطلاقها بعد فوات الأوان. دعونا نذكّر -لأن المسألة قضية أعمّ- أنه في الثمانينيات، عادت مجموعة من الجزائريين يحملون شهادات دكتوراه تحصلوا عليها في الخارج، ولكن في مواضيع بحثية متباينة. ولذا صعب عليهم القيام بعمل بحثي مشترك.

هناك نقطة أخرى ينبغي الإشارة إليها: رأينا في الجزء الأول أن بيير غريسفارد، منذ زيارته الأولى للجزائر، قد أحضر [من الجزائر] إلى نيس الباحثين الذين أشرف على أطروحاتهم، خلافا للمبدأ غير المكتوب بخصوص دكتوراه الدور الثالث. ولكننا لاحظنا أيضاً أنهم عادوا إلى الجزائر، إذ كان بينهم وبينه عقد أخلاقي يقول إن عليهم العودة إلى العمل في بلدهم بمجرد الانتهاء من أطروحاتهم[4]. وقد احترم تقريبا جميع طلبة بيير غريسفارد هذا العقد. نعتقد أن نجاحاتنا الأولى ساهمت في تحقيق هذا الهدف.

يجب ألا ننسى روابط الصداقة المهمة جدًا التي نُسجت خلال هذه الفترة بين بعض الأساتذة المدعوين إلى الجزائر و"الأساتذة-الطلبة". يمكننا أيضًا أن نتحدث عن التعامل الخاص في إطار العمل لبعض المدعوين خلال إقامتهم القصيرة. فهم غالبا ما يتقاسمون وجبات الغداء في مطعم قريب من الجامعة، وفي بعض الأحيان، يتواصل العمل على مفرش المائدة الورقي في المطعم، دون أن ننسى بعض إجازات نهاية الأسبوع لزيارة المناطق النائية. كما أن المدعوين تستهويهم في كثير من الأحيان بيئة المتعاونين. ولكننا نعتقد أيضًا أن الدوافع، وخاصة السياسية، كانت أكثر أهمية .

إن الرياضياتيين [الفرنسيين] المعروفين الذين شجعوا زملاءهم الأصغر سنا على التدريس في قسم الرياضيات بالجزائر والذين كان قد سبق لهم أن زاروا القسم، كانوا شاركوا قبل ذلك على الأقل في الحملة ضد التعذيب [إبان الفترة الاستعمارية]، ولا سيما في لجنة موريس أودان وما حولها[5]. كما أنهم احتجّوا على إقالة لورانت شوارتز من منصبه كأستاذ في المدرسة المتعددة التقنيات [في باريس] بعد أن وقّع على نداء الـ121 [6]. لقد أدت مواقف روجي غودمان إلى محاولة اغتياله من قبل منظمة الجيش السري [7]. ومن الضروري التأكيد هنا على إحدى نتائج تأثير هؤلاء القدامى: حتى عام 1971، كان هناك دائمًا أحد خريجي المدرسة العليا للأساتذة الباريسية موجودا في قسم الرياضيات بالجزائر. وحتى إن كان كلود باردوس وبوتيه دي مونفيل هما الوحيدان [من خريجي المدرسة العليا للأساتذة] اللذان قاما بالتدريس في دبلوم الدراسات المعمقة، فقد عمل الآخرون من هؤلاء الخريجين على تزويد الباحثين المبتدئين بثقافة رياضياتية مناسبة لمتابعة دروس هذا الدبلوم، وهو أمر أساسي.

دعونا الآن نتحدث عن دوافع [الفرنسيين] المتعاونين المجندين الذين كانوا يؤدون خدمتهم العسكرية في الجزائر. إن حقيقة كونهم فضلوا تدريس الرياضيات على تنظيف ساحات الثكنات أمر لا يحتاج إلى شرح؛ بل ما يهمنا هو اختيارهم التدريس في الجزائر. على سبيل المثال، بدت تونس في وقت من الأوقات أكثر جاذبية بالنسبة لأحد

---

[3] رسائل من فرانسوا شارلو François Charlot مؤرخة في 6 أبريل و 26 جوان و9 أكتوبر 2009، فضلا عن ذكريات شخصية.

[4] شهادات شفهية.

[5] هي اللجنة التي أنشأها لورانت شوارتز Laurent Schwartz ومجموعة من المثقفين الفرنسيين عام 1957 لكشف حقيقة "اختفاء" موريس أودان، بعد "هروبه"، إثر اعتقله وتعذيبه من قبل الجيش الفرنسي.

[6] نداء يدعو إلى دعم "حق العصيان في حرب الجزائر" تم توقيعه في 5 سبتمبر 1960 من قبل 121 مثقفا فرنسيا. كان لورانت شوارتز آنذاك في الولايات المتحدة فلم يستطع أن يكونأ من وائل الموقعين على نص النداء، ولذا وقّع عليه عند عودته.

[7] انظر المرجع: Schwartz, 1997 : 371-420. دعونا نشير إلى خطأ بسيط: لم يكن جان فيليب لابروس Jean-Philippe Labrousse عضوا في لجنة أودان، بل كان في الولايات المتحدة حيث شارك في الحملات ضد الحرب في الجزائر، ومن دون شك من أجل استقلالها.

الرياضياتيين. وعلاوة على ذلك، اختار بيير غريسفارد، أحد أعضاء فئة هؤلاء المتعاونين، العمل في المغرب. ولا شك أن اختياره للجزائر بعد ذلك له أسباب مختلفة.على سبيل المثال، يذكرنا بوتيه دي مونفيل بأنه شارك في حملة تنقيب أثرية فجعله ذلك يميل إلى الجزائر. وهنا نشير إلى أنه إلى جانب تأثير كبار الرياضياتيين [على خيارات الشباب]، أدى الخيار السياسي دورا مباشرا بالنسبة لعدد معتبر من [الرياضياتيين] الشباب [الفرنسيين]. ويمكن ملاحظة أنه باستثناء الأستاذين الأخيرين، كان هؤلاء الخريجون من دفعتي 1959 و 1960[8]. لقد كانوا طلبة في المدرسة العليا للأساتذة بشارع أولم Ulm (باريس) إبان السنوات الأخيرة من حرب الجزائر. وبحسب كلود باردوس، شارك هؤلاء الطلبة بأغلبية ساحقة في الحملة ضد تلك الحرب، وكان 80% منهم يؤيدون استقلال الجزائر. وحتى لو كان هذا التصريح قابلا للجدل[9]، فإنه ينبئنا عن المناخ السياسي [في ذلك الوقت].

وعلى الرغم من أن الجزائريين لا يعبرون في كثير من الأحيان عن آرائهم حول هذه النقطة، فإن الروح الوطنية كانت أيضًا عاملا مهمًا في الدوافع التي أدت بهم إلى تطوير التدريس والبحث في الرياضيات. ورسالة آسيا بن عبد الله، التي سنوردها أدناه، شهادة بليغة في هذا الصدد.

أدرك العديد من المشاركين، إن لم يكن جميعهم، أن التعاون أدى إلى زيادة الحاجة إلى المتعاونين وفكروا في سبل التخلص من هذه التبعية. لقد أخذ هذا الوعي تدريجيًا مجراه، ولم نتمكن من تحديد مختلف مراحله.

في السبعينيات، بدأ يتجلى جو في قسم الرياضيات تبدو فيه بوادر البحث العلمي. ومن الواضح أن ذلك كان أحد أهداف مشروعنا، بل شكّل في تلك المرحلة عامل نجاح حاسم. وقد كان الطلبة الشباب الحاصلون على دبلوم الدراسات المعمقة يشاركون بحيوية في استتباب هذا الجو من خلال إشراك طلبة أصغر سنا من السنة الثالثة بدعوتهم إلى متابعة المحاضرات التي يلقيها الأساتذة المدعوون [من الخارج]. نشير إلى أن القاعة خلال مناقشة كل أطروحة، كانت دائما تعجّ بالأصدقاء وأفراد العائلة وطلبة السنة الثالثة دعما للطالب المترشح [لنيل شهادة الدكتوراه].

وبمجرد مناقشة أطروحاتهم، يتولى الحاصلون على الدكتوراه الجدد مسؤوليات التدريس والإشراف على الأبحاث. إنهم يساعدون الطلبة بشكل كبير في تحضير دكتوراه الدور الثالث. ثم في تحضير الماجستير. كان حميد زياني نشيطا بشكل خاص ولا يدخر جهدا في هذا السياق. وكدليل على ذلك، نكتفي بما ورد في الرسالة التي بعثتها لنا آسيا بن عبد الله عندما علمت بمشروعنا [10] :

"في حفل تأبين حميد [زياني]، قلت إن قراري بإجراء أبحاث في المعادلات التفاضلية الجزئية يرجع إلى حد كبير إلى حميد وكامل [حمداش] ... كنت في السنة الثالثة من شهادة الليسانس في الرياضيات، وقد قاما بدعوتنا لحضور ندوة يشرف عليها جيومونا وآخرون حول "تطبيقات المعادلات التفاضلية الجزئية في مجال البحث عن البترول"[11]. لقد أبهرتني حقيقة أنني قادرة على تعاطي الرياضيات 'المفيدة لبلدي'، وانبهرت بـ'جمال' هذه الرياضيات والأجواء اللطيفة التي كانت تسود بين الباحثين. لا يتعلق الأمر بـ "التعاون الجزائري الفرنسي"، بل أعتقد أنني لست مخطئة في القول إن هذه الديناميكية كان يقودها زرنير، أليس كذلك؟ كانت مناقشة أطروحة كمال [حمداش] لحظة مهمة أيضًا: مشاهدة أستاذي يقدم أطروحته أمام لجنة مناقشة مؤلفة من 'رياضياتيين كبار'، وكذا المشاركة بعد المناقشة، على وجه الخصوص، في حفل المشروبات بالطابق السادس من مبنى الرياضيات [في كلية العلوم]... بالنسبة لنا، أصبح مفهوم

[8] يتم تحديد دفعات خريجي المدرسة العليا للأساتذة الباريسية بسنة الدخول إلى المدرسة وليس بسنة التخرّج.

[9] في بعض الأذهان، كان هناك نوع من الخلط بين المطالبة بالسلام والمطالبة بالاستقلال.

[10] رسالة بتاريخ 24 أبريل 2009. الحواشي في أسفل الصفحات هي من كاتبي المقال.

[11] ينبغي أن نقول هنا "أبحاث بترولية". لا يتعلق الأمر بالبحث عن أحواض نفط جديدة، بل باستغلال تلك الأحواض المعروفة. إن الأدوات الرياضياتية مختلفة هنا والمهندسين أيضا مختلفون.

البحث في الرياضيات شيئا ملموسًا لأننا شاهدنا أساتذتنا يمارسونه 'على الهواء مباشرة'. وأثناء مناقشة كمال [حمداش]، قلت في نفسي إنه حتى لو كنت قادمة من هذا البلد الصغير، الجزائر، فربما أستطيع حل مسألة رياضياتية 'مفتوحة'. لقد كان الأمر مشجعًا حقًا ويبعث على الفخر. بالنسبة لي أو لـ'جيلي'، أعتقد أن النشاط البحثي الذي بدأتموه (حتى لو كانت فيه بالتأكيد عيوب لم أرها) كان حاسما في انطلاقتنا إلى عالم البحث؛ حتى أنني فكرت في البقاء بالجزائر لإعداد أطروحتي (1977)" [12].

9. تأملات في مشروع "مخروط الماء"

يأتي إطلاق هذا المشروع في لحظة حاسمة حين كان تطور الجزائر مصدر آمال كبيرة. فبالإضافة إلى تأميم المحروقات، تميزت المرحلة بحركتين: حركة دول عدم الانحياز [في العالم]، وحركة "الثورة الزراعية" [في الجزائر]. ومن ثم ظهرت الجزائر كمحرك لحركة دول عدم الانحياز. وقد قام فيدل كاسترو بزيارة الجزائر لأول مرة في ماي 1972. ووفرت سنة 1973 لبومدين فرصة جديدة لتأكيد نفوذه على المستوى الدولي من خلال التنظيم الناجح لقمة عدم الانحياز، التي شارك فيها كبار زعماء العالم الثالث. ومن ثم دخلت جزائر بومدين مرحلة قدمت فيها دعما قويا لمختلف حركات التحرر في أفريقيا وآسيا وأمريكا اللاتينية. وهكذا سافر الرئيس الجزائري إلى نيويورك عام 1974 من أجل المشاركة في اجتماع خاص بالجمعية العامة للأمم المتحدة حول المواد الأولية، كزعيم حقيقي للعالم الثالث، والذي كان قد دعا هو نفسه إلى عقده باسم دول عدم الانحياز. وفي هذه المناسبة، ألقى هواري بومدين خطابا قدم فيه عقيدة اقتصادية [جديدة]، داعياً إلى أمور كثيرة، منها إنشاء نظام اقتصادي دولي جديد أكثر عدلا، ويراعي مصالح العالم الثالث[13].

صدر ميثاق "الثورة الزراعية" في 8 نوفمبر 1971. وانطلقت مرحلتها الثانية في 17 يونيو 1973. وتضمّن الميثاق قرار إعادة توزيع أراضي مالكيها الذين لا يستغلونها بأنفسهم، وكذا توزيع الممتلكات الكبيرة [التي كانت بحوزة كبار المعمرين الفرنسيين]. وبطبيعة الحال، واجهت هذه العملية مقاومة قوية. وقامت الدولة بتعبئة الشباب الطلابي للمساعدة في كسر هذه المقاومة. لا ينبغي أن نتساءل هنا عما إذا كانت "الثورة الزراعية"، علاوة على ذلك، قد استُغلت كوسيلة ضد الطلبة الذين زادت انتقاداتهم إزاء الحكومة" (Adair, 1983: 158)، ناهيك عن فشل هذا الإصلاح الزراعي. ما يهمنا هنا هو أن هذه الحركة حشدت بالفعل عددًا كبيرًا من الطلبة، ومنهم بعض أعضاء الفريق الجدد. وعلى وجه الخصوص، كان كمال حمداش قد شارك فيها عن قناعة، في إطار أداء الخدمة العسكرية خلال صيف 1973.

عند جيومونا وزرينر، كان دافع مناهضة الإمبريالية واضحًا، وهو ما يتوافق مع مواقفهما السياسية. ولم يكونا الوحيدين [في هذا التوجه]، وكانا متفقيْن مع السياسة الجزائرية الرسمية. لقد عثرنا على وثيقة عمل أعدّها بعض أعضاء الفريق[14]. كانت تحمل مضمونا أوليا للمشروع البحثي الذي كان سيقدم إلى الهيئة الوطنية للبحث العلمي [الجزائرية]. وقد جاء في مقدمتها:

---

[12] التحقت الطالبة بدفعة ماجستير كان من المقرر أن يدرسها لأول مرة أساتذة جزائريين (سعيد بن عاشور، ومحند موساوي). ولا شك أنه لم يتم فتح الماجستير لأسباب إدارية. وقامت الطالبة بمزاولة دراسة دبلوم الدراسات المعمقة في باريس (1978) وأعدت أطروحة دكتوراه الدور الثالث تحت إشراف كلود باردوس (1979). ثم عادت للتدريس في الجزائر العاصمة.

[13] http://fr.wikipedia.org/wiki/Houari_Boumediene

[14] "ملاحظات بخصوص مشروع بحثي حول مسائل التدفق في الوسائط المسامية، ولا سيما مسألة مخروط الماء"، مخطوطة غير مؤرخة وبدون الإشارة إلى مكان تحريرها. ولكنه من المؤكد أنها كتبت في نيس عام 1975، خلال مهمة علمية قام بها كمال حمداش. نقدم بعض التفاصيل لأنها إحدى الوثائق القليلة المتوفرة لدينا، وهي تلقي الضوء على ما ذكرناه حول كيفية عمل الفريق. يقال إنه تم إعدادها من قبل بن عاشور، حمداش، لمرابط، مولاي، موساوي، سعد الله، زرنير، أي طلبة بيير غريسفارد (باستثناء حمداش وزرنير)، وهي موجهة لأعضاء الفريق الآخرين بالإضافة إلى داكونها-كاستيل Dacunha-Castelle، "رئيس" فريق الاحتمالات الباريسي المذكور أعلاه.

"إن ضرورات بناء اقتصاد وطني مستقل عن الاحتكارات الإمبريالية تفرض، على وجه الخصوص، على الجامعات الجزائرية، تطوير وتعزيز التدريس والبحث العلمي ذي الطابع الوطني، المندمج بشكل خاص في عملية التنمية الاجتماعية والاقتصادية للجزائر. وعلى الرغم من تقبل [الوضع الراهن للبحث العلمي] على نطاق واسع، فإننا نشير إلى أن جميع الأبحاث التي تم تطويرها في الرياضيات حتى الآن [في الجزائر] ترتبط باهتمامات المشرفين على الأبحاث الأجانب أكثر من ارتباطها بأي مصلحة وطنية. ونظرًا لعدم الاندماج في مجموعة بحثية، يلتحق الطلبة الحاصلون على دبلوم الدراسات المعمقة بالخارج لمواصلة دراستهم العليا التي تبعدهم عمومًا عن الواقع الوطني. ولهذا يبدو من الضروري والملح أن يجتمع الباحثون الجزائريون حول مشاريع يختارونها من بين الإشكاليات التي تهم تنمية الاقتصاد الوطني، وفق محاور البحث التي حددتها الهيئة الوطنية للبحث العلمي".

ثمة حدث لاحق يؤكد أن الطابع المناهض للإمبريالية في المشروع لم يكن من نسج خيالنا. في النصف الأول من الثمانينيات، زار زرنير أحدُ طلابه السابقين من جامعة نيس، وكان يعمل آنذاك في هيئة "فرانلاب" Franlab. وفي ذلك الوقت، كانت هذه الهيئة تجمّعا من الشركات النفطية الفرنسية يختص في البحث العلمي[15]. قدم الزائر لزنير وصفًا لبرنامج تشغيل معلوماتي ضخم جدًا (كان هذا بالضبط هو المسألة التي كنا نأمل في جعل الجزائريين قادرين على التحكم فيها عندما أطلقنا مشروع "مخروط الماء". يتم تشغيل هذا البرنامج المعلوماتي من قِبل سوناطراك بموجب ترخيص خاص [من مالكه]). ثم سأل الزائرُ الأستاذَ زرنير عما إذا كان لديه أي متربصين ليعرضهم على مجمع "فرانلاب". وبطبيعة الحال فقد اقترح عليه زرنير بعض الجزائريين. فكان الردّ فوريا: "لن تقبل 'فرانلاب' أبدًا بوجود جزائريين في هذه المهمة".

واجه مشروع "مخروط الماء" بعض الصعوبات الخاصة. كان حل مشكلة التوثيق أكثر صعوبة من حلها في موضوع نظري. وكان دور جيومونا حاسماً في هذه القضية.

شكلت وسائل الحساب عائقًا كبيرا للمشروع، وكانت قبل ذلك تطرح أيضا مشكلة في مجال التدريس. كان لا وجود لها غداة الاستقلال[16]. ثم تم تطويرها منذ السنوات الأولى. كان جان بوجيه Jean Pouget، أحد ثلاثة مبرزين تم تعيينهم في جامعة الجزائر في سبتمبر 1962، العقل المدبر الذي وقف وراء تطوير التحليل العددي. والكل يعلم أن مشاكل استغلال النفط يتم تدارسها بنشاط كبير في البلدان "المتقدمة"[17]. ولذلك، كان الباحثون الجزائريون الشباب يخشون عدم الاعتراف بعملهم لأن آخرين ربما سبقوهم إليه. ومن ثمّ التزم الأعضاء الأوروبيون في هذا المشروع بعدم النشر حول موضوع البحث قبل مناقشة الجزائريين أطروحاتهم في إطار دكتوراه الدور الثالث. من المؤكد أن هؤلاء الفرنسيين كانوا جميعًا بدرجة "أستاذ دكتور"، ولم يكن السباق في مجال نشر البحوث على ما هو عليه الآن. ومع ذلك، فإن مثل هذا الاتفاق نادرا ما يتم [بين الباحثين]، ولذا نعتقد أنه لا حرج في الإشارة إليه.

والعقبة التي لم يكن من الممكن التغلب عليها هي عدم التواصل مع شركة سوناطراك. في ذلك الوقت قررنا العمل على المسائل المتعلقة باستغلال المحروقات، وحاولنا مرة أخرى بعد ذلك، دون جدوى، مقابلة المهندسين الذين يعملون في حقول الغاز. فوجدنا باب سوناطراك مغلقا. ولم يتم فتحها إلا عند تدخل الرئيس المدير العام للشركة في ذلك الوقت، الذي كان قبل توليه هذا المنصب أستاذا للكيمياء في جامعة هواري بومدين للعلوم والتكنولوجيا. ورغم ذلك، وبصرف النظر عن بعض البيانات الموجودة في الآبار، والتي هي غير قابلة للاستخدام بصيغتها المتوفرة، لم نتمكن من العمل مع هذه الشركة. وهذا يمثل بلا شك فشلنا الأكبر. ربما يرجع ذلك إلى عدم الثقة التقليدية لدى المهندسين إزاء

[15] ومنذ ذلك الحين، اندمجت هيئة "فرانلاب " مع شركة أخرى. وبعد ذلك تم شراء الشركة بأكملها من قبل معهد البترول الفرنسي.

[16] لم تكن هناك آلة [معلوماتية] في الجامعة، باستثناء جهاز "آ بي آم" صغير جدًا في مركز الدراسات النووية.

[17] ولكن ذلك ليس في فرنسا لدى "الرياضياتيين التطبيقيين"، سواء كانوا أكاديميين أو باحثين في المعهد القومي [الفرنسي] للبحث في المعلوماتية والأتمتة (INRIA).

عمل الأكاديميين الذي غالبا ما يعتبرونه مجرد تخمينات. ولكن هناك ما يدعو إلى الاعتقاد بأن ذلك يرجع أيضا إلى عوامل أكثر عمومية، مرتبطة بوضعية سوناطراك "بين عالَمين". ولا شك أننا نجد الأثر الواضح لهذه العوامل في الخطاب الذي ألقاه محمد الصديق بن يحيى (1932-1982)، وزير التعليم العالي والبحث العلمي يوم 6 مارس 1977 أثناء الدورة السادسة للمجلس الوطني للبحث العلمي: "حتى بعد أن ركزت وحدات البحث في الجامعة والهيئة الوطنية للبحث العلمي جهودها على البحث والتطوير والدمج الكامل لعملها في الواقع الملموس للبلاد، فإنها لم تحقق بعدُ الحوار والتعاون الشامل الذي يجب أن يربطها بشكل وثيق مع القطاعات الإنتاجية. ولا تزال هناك عقبات كثيرة...".

تم إنشاء الهيئة الوطنية للبحث العلمي (ONRS) سنة 1973 [18]. وقدمنا لهذه الهيئة مشروعا بحثيا، وتم قبوله عام 1975. ووفر لنا تمويلا مكملا لتمويل الجامعة، بما في ذلك علاوات إضافية للباحثين. كما سهّل علينا القيام بمهمات علمية في فرنسا.

10. خاتمة

نعتقد أننا نجحنا في تشكيل فريق بحث مستقل. وكان ذلك ثمرة عمل مجموعة من الجامعيين آمنوا بالمشروع، فاستمروا في نسج خيوطه طيلة 12 سنة. يبدو لنا من المهم التأكيد على أن هذا النجاح يرجع إلى ظروف خاصة جدا. لقد استفدنا من المساعدة الأولية التي قدمها في بداية المشوار رياضياتيون فرنسيون كبار، ومن خدمات المتعاونين الفرنسيين المجندين في الخدمة العسكرية، وكذا من التعاون مع جامعة نيس، ومن استمرارية التواصل مع جامعة الجزائر. وكانت العلاقات الإنسانية التي نُسجت خلال تلك الفترة لا تقدر بثمن فساعدت في التغلب على أصعب العراقيل. ومع ذلك فالوضع السياسي كان هو العامل الأساسي: في البداية كانت هيبة الثورة الجزائرية، ثم لاحقا كانت سياسة الجزائر المناهضة للإمبريالية، مهما كانت محدوديتها.

وتبقى الحقيقة أن عدم التمكن من التواصل مع شركة سوناطراك كان يعدّ فاشلا. كما نعتقد أننا واجهنا في هذا الموضوع عقبات كانت خارجة عن نطاقنا.

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

[18] Khelfaoui Hocine : La science en Algérie, December 21, 2000. https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers07-09/010033544.pdf

- 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.

****

لمحة تاريخية حول نظرية التوزيعات وفضاءات سوبولاف

عبد الرشيد سعدي

أستاذ بقسم الرياضيات، جامعة محمد بوضياف، المسيلة

abderrachid.saadi@univ-msila.dz

1. مقدمة

تُعتبر التوزيعات وفضاءات سوبولاف (Sobolev) من أهم الأدوات الرياضية القوية لدراسة التوابع وحلّ المعادلات التفاضلية والمعادلات التفاضلية الجزئية، خصوصا في الحالات التي لا يمكن فيها تطبيق طرق التفاضل والتكامل التقليدية، أو عندما يكون هناك صعوبة في التطبيق. إنها تؤدي دورًا أساسيًا في العديد من مجالات الفيزياء الرياضية، بدءًا من نظرية الموجات وصولًا إلى ميكانيكا الكم، مرورًا بالتحليل العددي.

تعمل نظرية التوزيعات على توسيع مفهوم التوابع، من خلال استعمال كائنات رياضية أعمّ من التوابع المستمرة أو القابلة للمفاضلة. يمكن أن تشمل التوزيعات توابع متقطعة (درجية مثلا)، أو غيرها من الكائنات الرياضية ذات خصائص معينة. يتم تعريف التوزيعات بأنها الأشكال الخطية المستمرة المعرفة على ما يسمى بفضاء التوابع الاختبارية.

أما فيما يخص فضاءات سوبولاف، فهي فضاءات التوابع التي تسمح بقياس صقالة الدوال وفق مفهوم أوسع، يشمل تلك التوابع التي لا تكون بالضرورة مستمرة أو قابلة للمفاضلة بالمفهوم التقليدي. يتم تعريف فضاءات سوبولاف $W^{k,p}$ عن طريق إدخال معايير تأخذ في الاعتبار المشتقات الجزئية للتوابع. وعلى وجه الدقة، تتضمن فضاءات سوبولاف التوابع التي تكون مشتقاتها الجزئية الأولى حتى الرتبة k (وفق مفهوم التوزيعات) منتمية إلى فضاء لوبيغ (Lebesgue) L^p.

2. البداية من الفيزياء والهندسة

قدّم لورنت شوارتز (Laurent Schwartz) في كتابه الشهير "نظرية التوزيعات" سلسلة من الأمثلة حول المسائل والنظريات الفيزيائية التي تم تفسيرها رياضيا بواسطة التوزيعات، مما جعلها إرهاصًا لظهور هذه النظرية فيما بعد. يقول دي جاغر (De Jager): "في السنوات بين 1945 و1949، قام لورنت شوارتز بتطوير نظرية التوزيعات عن طريق تقديم تركيب وتعميم وتأسيس دقيق لعمل العديد من الكتّاب الذين استخدموا بالفعل مفهوم التوزيع بطريقة أكثر أو أقل غموضا، من بين هؤلاء نجد رياضيين وفيزيائيين تم توجيههم إلى استخدام التوزيعات في ارتباط مع مساهماتهم في الرياضيات التطبيقية والفيزياء النظرية".

في عامي 1893 و1894، كان هيفساید (Heaviside) قد اقترح قواعد للحساب الرمزي بالنسبة لتلك الرموز المستخدمة في مسائل الفيزياء الرياضية. كانت هذه القواعد الحسابية الرمزية تعمل بشكل جيد بالنسبة للمهندسين الذين يستخدمونها على نطاق واسع، ولكنها لم تكن دائما دقيقة من الناحية الرياضية.

في هذا السياق، قام ديراك (Dirac) بنشر مقال بعنوان "تفسير فيزيائي للديناميات الكمية" في عام 1926، حيث قدّم المقدار الشهير المرموز له بـ δ وقال عنه إنه تابع معرف على مجموعة الأعداد الحقيقية، يأخذ القيمة 0 عند كل عدد حقيقي غير معدوم، ومع ذلك تكامله على مجموعة الأعداد الحقيقية يأخذ القيمة 1. بالإضافة إلى ذلك، فإنه من أجل كل تابع φ مصقول بالقدر الذي نريد، ومن أجل كل عدد حقيقي a، فإنّ تكامل جداء التابع φ مع انسحاب ديراك عند a يعطي القيمة $\varphi(a)$. قام ديراك أيضًا على هذا النحو بتعريف المشتقات المتتالية لـ δ .

3. مفارقة رياضية

إنّ كتابة كائن ديراك على النحو المذكور آنفا تبدو غير منطقية؛ إذا اعتبرنا القياس المستخدم هو قياس لوبيغ فإنّ التابع منعدم شبه كليا وهذا يناقض كون تكامله يساوي 1، فضلا على أن تكون قيمة تكامل جدائه مع تابع أخرى تساوي قيمة غير منعدمة.

لقد اعترف ديراك نفسه بهذا. ومن أجل الخروج من هذا المأزق فقد ذكر إنّ هذه الكتابة يمكن اعتبارها نهاية لتوابع تأخذ أشكالا محددة تجعلها تقترب من الصفر. يمكننا إنشاء هذا النوع من المتتاليات بأخذ متتالية تقترب من اللانهاية عند 0 بالضبط، بينما تقترب من 0 عند بقية القيم الحقيقية، مع جعل تكاملها يأخذ القيمة 1. لا يمكننا تطبيق نظرية التقارب بالهيمنة للوبيغ على هذه المتتالية نظرا لعدم تمكننا من إيجاد الدالة القابلة للمكاملة والمهيمنة على عناصرها، بسبب كون الحواد العليا للمتتالية تقترب من اللانهاية بجوار 0. هذا الأمر يفسر لنا عدم احتفاظنا بقيمة التكامل للمتتالية عند المرور للنهاية. وهذا من بين الأمثلة الشهيرة التي تبيّن ضرورة وجود الدالة المهيمنة من أجل المرور للنهاية تحت إشارة التكامل، وهذا له مجال آخر ليس مقصودا في هذا المقال.

ومع ذلك فإنه عند اختيار دالة φ بمواصفات معينة (نفترضها هنا مستمرة) فإنه يمكن المرور إلى النهاية تحت إشارة التكامل والوصول بالتالي إلى كائن ديراك (يمكن الرجوع إلى مقدمة الكتب المختصة بالتوزيعات لمزيد من التفاصيل).

4. الدوال والقياس والتحليل التابعي

في عام 1900، وصف فولتيرا (Volterra) القرن التاسع عشر بأنه قرن نظرية التحليل، بينما ذكر فيليكس براودر (Felix Browder) بأنه من المناسب أيضًا أن نسمّي القرن العشرين قرن التحليل التابعي. وهذا ما يدعونا إلى إلقاء نظرة ولو خاطفة حول نظرية التوابع والتحليل التابعي، لا سيما وأنها مرتبطة ارتباطا وثيقا بفضاءات لوبيغ وسوبولاف والتي نجد للتوزيعات حضورا كبيرا فيها.

وعلى الرغم من الارتباط الوثيق بين نظرية التوزيعات والتحليل التابعي إلى الدرجة التي يمكن أن نعتبر فيها نظرية التوزيعات جزءًا من التحليل التابعي، إلا أنّ الناظر للتسلسل التاريخي للتوزيعات لا يجد كبير أثر للتحليل التابعي، مما يعني أنه يمكن إنشاء التوزيعات باستخدام مقاربات مختلفة.

جاء دافع تطوير التحليل التابعي من فرعين من التحليل الكلاسيكي: حساب التفاضل والتكامل ونظرية المعادلات التكاملية، حيث ابتدأ الفرع الأول مبكرا وبلغ ذروته من خلال أطروحة الدكتوراه لصاحبها فريشيه (Fréchet). بينما كانت أعمال هيلبرت (Hilbert) المسماة "مبادئ نظرية عامة في المعادلات التكاملية الخطية" أحد أهم الأعمال المميزة التي ساهمت في تطور الفضاءات الشعاعية. دون أن ننسى مساهمات فريدهولم (Fredholm) وفولتيرا في هذا المجال. لقد ظهرت فضاءات هيلبرت بفضل هيلبرت نفسه وكذا شميدت (Schmidt)، بالإضافة إلى ريس (Riesz) وفشر (Fischer).

كانت أولى النتائج المثيرة في نظرية التوابع الخطية المستمرة مجموعة من نظريات التمثيل. حيث اكتشف هادامارد (Hadamard) أنه يمكن اعتبار الأشكال الخطية المستمرة على فضاء التوابع المستمرة على مجال بأنها نهايات لمتتاليات تابعية على هذا الفضاء. قام ريس بتحسين هذه التمثيلات في النظرية المسماة بنظرية التمثيل لريس (ريس - فيشر)، والتي تم تطبيقها على فضاءات لوبيغ.

إن نظرية التمثيل المذكورة آنفا سمحت لنا باعتبار قياسات معينة على أنها أشكال خطية مستمرة على الفضاء K(IR) للدوال المستمرة والمعدومة خارج متراصات، وهي المسماة بقياسات رادون (Radon)، النواة الأولى في تقديم التوزيعات.

5. شوارتزومفهوم التوزيع

نشر شوارتز في عام 1946 مقالا بعنوان "تعميم مفهوم التابع والتفاضل وتحويل فورييه مع تطبيقات رياضية وفيزيائية"، أبرر فيه الطريقة التي يمكن بها العثور على كائن ديراك وذلك باعتباره قياس رادون على النحو الذي تم ذكره في الفقرة السابقة. وبهذا أوضح شوارتز أنّ كائن ديراك ليس تابعا وإنما هو قياس لرادون.

كما بيّن أنه يمكن اتباع الطريقة ذاتها لتعريف المشتقات المتتابعة لقياس ديراك. ولكن هذه المشتقات ليست قياسات لرادون، إذ إنّ فضاءات التوابع التي نعرف عليها الأشكال الخطية ليست الفضاء K(IR) وإنما هي فضاءات لتوابع قابلة للاشتقاق لانهائيا وتنعدم خارج متراص.

سمّى شوارتز عناصر المجموعة المكونة من التوابع (التي تحقق شروطا معينة)، وقياسات رادون ومشتقاتها باسم "التوزيعات"، وهي أشكال خطية مستمرة على فضاء التوابع القابلة للاشتقاق لانهائيا، وتنعدم خارج متراص، والذي نسميه فضاء التوابع الاختبارية.

قدّم شوارتز تعريفين أساسيين:

التعريف 1. نرمز بـ Φ لفضاء التوابع المعرفة على مفتوح U من $\mathbb{R}^n$ ، قابلة للاشتقاق لانهائيا، وتنعدم خارج مجموعات متراصة. هذا الفضاء مزود بطبولوجيا معينة.

التعريف 2. نسمي "توزيعا" على U كل شكل خطي ومستمر على Φ.

نشر شوارتز كل ما يتعلق بهذه المفاهيم في كتابه الشهير بـ "نظرية التوزيعات" (ضمن جزءين)، وذلك في مطلع الخمسينيات من القرن الماضي ثم أعيدت طباعتهما مرارا. لتتوالى بعدها الأبحاث في هذا المجال وتتوسع بشكل ملحوظ.

6. مبدأ ديريخليه وأشباه المشتقات

في سياق آخر، من بين النتائج الأولى لحساب التغيرات الكلاسيكي نجد مبدأ ديريخليه (Dirichlet) الذي ينص على ما يلي:

إنّ التكامل التغايري $\int_\Omega |\nabla u|^2 dx$ يقبل حدًا أدنى باعتبار u تنتمي إلى مجموعة التوابع من الصنف $C^1(\Omega)$ حيث Ω هو مفتوح مترابط ومحدود من IR^n .

هذا المبدأ تم استخدامه من قبل ريمان (Riemann) بدون تفسير رياضي معتبر. بل إنه في عام 1870 ذكر فايرشتراس (Weierstrass) أنّ وجود هذه الدوال الحدية ليس دائمًا مضمونًا.

أما أول برهان دقيق لمبدأ ديريخليه فقد كان في عام 1900 من قبل هيلبرت وذلك من أجل التوابع المنتمية للفضاء $C(\bar{\Omega}) \cap C^1(\Omega)$، والتي لها أثر g على حافة Ω . وهو ما يعتبر الخطوات الأولى في تطوير فكرة فضاءات سوبولاف، حيث أنه في وقت لاحق تم ربط مبدأ ديريخليه بمسألة حدية مرتبطة بمعادلة بواسون (Poisson)، إذ إنّ حل هذه المسألة هو حد أدنى لتكامل الطاقة لديريخليه.

ونظرا لأهمية هذا المبدأ فقد اشتغل عليه عدد من كبار الرياضياتيين في بداية القرن الماضي منهم: بيبو ليفي (Beppo Levi)، فوبيني (Fubini)، تونيللي (Tonelli)، نيكوديم (Nikodym)، فريدريك (Friedrichs)، ريليخ (Rellich) وغيرهم.

في عام 1934، قدم ليري (Leray) مصطلحًا جديدًا وهو "شبه المشتق"، حيث ذكر في مقالته المعنونة "حول حركة مائع لزج عبر الفضاء" تعريفا للمشتق الضعيف يستند إلى علاقة المكاملة بالتجزئة الشهيرة. ننوّه إلى أنّ المفهوم المعرّف آنفًا قد شاع فيما بعد تحت اسم "المشتق الضعيف".

7. فضاءات سوبولاف

في عام 1935، قدم سوبولاف نظرية حول الحلول العامة لمعادلة الأمواج، والتي تعرف على أنها نهاية في الفضاء L^1 للحلول من الصنف C^2 لهذه المعادلة. وقدّم سوبولاف في هذا الإطار مفهوم التابعيات المستمرة على مجموعة التوابع القابلة للمفاضلة باستمرار حتى رتبة معينة (عرفت هذه التابعيات لاحقًا بـ"التوزيعات ذات الرتبة المحدودة"). وبهذا يكون قد أعلن نظريته حول وجود حلول لمجموعة واسعة من المعادلات الزائدية.

وفي عام 1938، قدّم سوبولاف تعريفًا واضحًا لما يسمى بالمشتقات الضعيفة وكذا الفضاءات التي سُميت فيما بعد بفضاءات سوبولاف والتي رمز لها بالرمز L_p^v، ثم تطور فيما بعد إلى الرمز W_p^m، وهو أقرب إلى الترميز الحالي $W^{m,p}$. وتطور البحث في هذه الفضاءات وما يتعلق بها بسرعة كبيرة ابتداءً من خمسينيات القرن العشرين.

ومن أشهر الكتب التي أُلّفت في مطلع السبعينيات من القرن الماضي في هذا المجال نجد كتاب آدامس (Adams) المعنون "فضاءات سوبولاف" (Sobolev spaces) والذي قدّم تعريفات وخصائص لهذه الفضاءات اعتمد عليها جل من كتبوا في هذا الميدان. ومن الكتب الحديثة نذكر كتاب بريزيس (Brezis) الذي عنوانه "التحليل التابعي" (Analyse fonctionnelle)، المنشور في الثمانينيات من القرن العشرين. وقد ترجم هذا الكتاب إلى عدّة لغات منها العربية والإنكليزية.

8. سوبولاف وشوارتز وآخرون

هل كانت أفكار شوارتز وسوبولاف هي الوحيدة في هذا المجال؟ وهل أخذ أحدهما عن الآخر؟ إنّ الإجابة عن هذه الأسئلة تحتاج إلى دراسة معمقة لا تحتملها هذه العجالة، ولكن من المناسب ذكر بعض الومضات حول هذا.

ظهرت أعمال شوارتز وسوبولاف في زمن متقارب (ما بين ثلاثينيات والأربعينيات من القرن الماضي)، وذلك ضمن مقاربتين تبدوان مختلفتين، لكنهما تؤديان إلى نتائج متشابهة إلى حد كبير. بل إنّ هناك من يؤكد على وجود مراسلات بينهما رغم الحاجز الذي وضعته الحرب الباردة بين الشرق (سوبولاف وعلماء المعسكر الشرقي) والغرب (شوارتز وعلماء المعسكر الغربي)، مع الإشارة إلى أنّ هذا التقسيم جغرافي لا يلامس الانتماء العقائدي لهؤلاء الرياضياتيين.

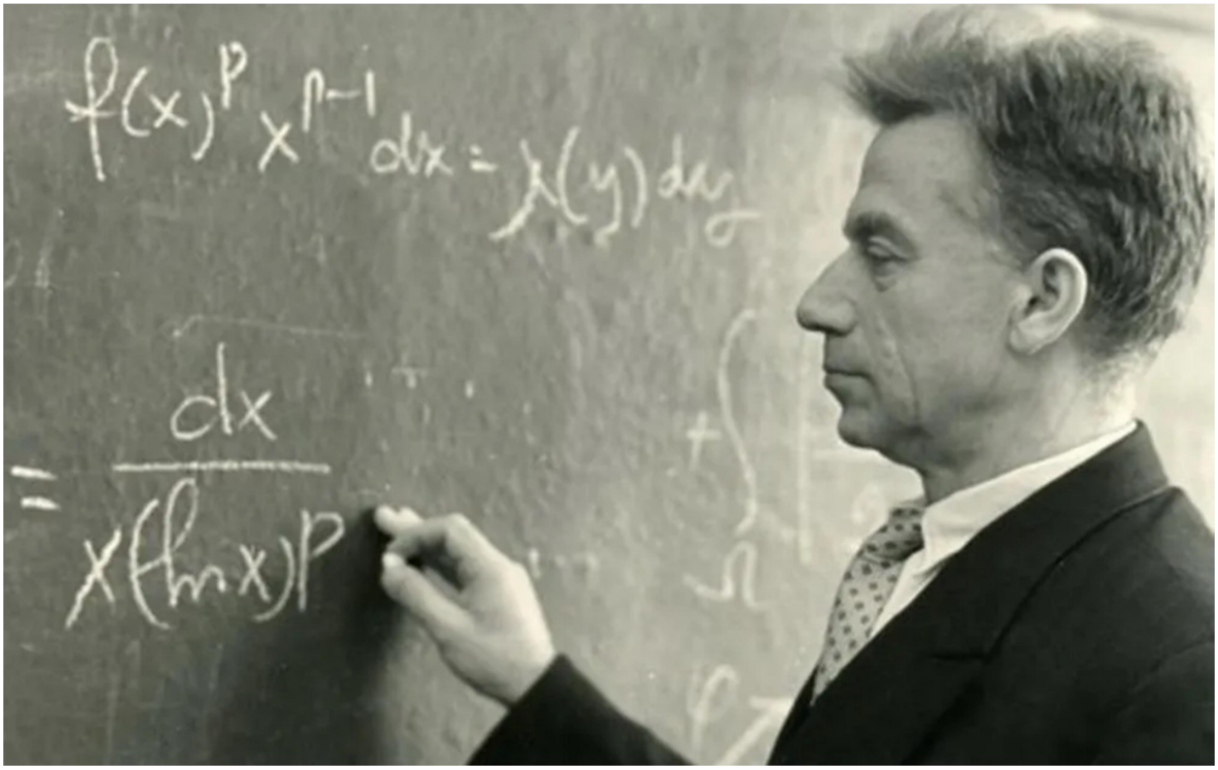
تظهر نظرية شوارتز للتوزيعات أنه لم يكن من الضروري التعمق في الإطار المجرد لنظريات التحليل التابعي المتعلقة بالفضاءات الثنوية رغم اشتغاله بها، ومع ذلك استفادت نظرية شوارتز كثيرا من الأفكار والنظريات المستمدة من هذا التجريد. أما عمل سوبولاف، فيظهر أيضًا أنه يمكن بناء التوزيعات وتطبيقها في حالات خاصة دون الحاجة إلى التعمق في الفضاءات الثنوية والأشكال الخطية، ومع ذلك فإنّ أعماله تظهر وكأنها مستوحاة أيضًا من الأفكار العامة حول هذه الأخيرة.

هل كان يمكن تطوير نظرية للدوال المعممة بدون نظرية الفضاءات الثنوية؟ نعم، يمكن ذلك، وفي الواقع تم تطوير مثل هذه النظريات بطريقة مختلفة عن توزيعات سوبولاف وشوارتز. وفي هذا السياق، اقترح تولهويك (Tolhoek) اثنتين من تلك النظريات البديلة، ولكنها لم تنشر، كما قدّم شوارتز طريقة ثالثة من خلال بحثه في هذا المجال. ومن يدري فقد كان من المحتمل أن تصبح إحدى هذه النظريات الثلاث البديلة السائدة لو لم تكن نظرية الفضاءات الثنوية متطورة أثناء تلك الفترة؟

نشير أيضا إلى أن فانتابي (Fantappiè) نشر سلسلة من المقالات بدءًا من عام 1930 حول ما سمّاه "التوابع التحليلية". وقد تم تضمين العديد من أفكاره في مؤلفه "نظرية التوابع التحليلية وتطبيقاتها". تتشابه نظرية فانتابي للتوابع التحليلية ونظرية شوارتز للتوزيعات كأمثلة لتطبيقات لنظرية التوابع على التحليل الفعلي. ومع ذلك، هناك العديد من الفروق الجوهرية بين النظريتين. كان هدف فانتابي هو دراسة التوابع التحليلية تجريديًا، في حين كان هدف شوارتز هو توسيع مفهوم الدالة.

مراجع

[1] Dirac, P., The physical interpretation of the quantum dynamics. Proc. Roy. Soc., A, 113 (1926), pp. 621-641.
[2] Leray, J., Sur le mouvement d'un liquide visqueux emplissant l'espace. Acta. Math., 63 (1934), pp. 193-248.
[3] Lützen, J., The prehistory of the theory of distributions. Springer-Verlag, New York, 1982.
[4] Schwartz, L., Généralisation de la notion de fonction de dérivation de transformation de Fourier et applications mathématiques et physiques. Ann. Univ. Grenoble, Sect. Sci. Math. Phys., 21 (1946), pp. 57-74.



سيرجي سوبولاف Sergey Sobolev (1908-1989)

شخصية العدد

الأستاذ الشريف مريبعي

رئيس المجمع الجزائري للغة العربية

قبل أن نتيح المجال للأستاذ الشريف مريبعي للإجابة عن أسئلتنا نعرّف بمساره المهني في سطور:

ولد الأستاذ الشريف مريبعي يوم 19 ديسمبر 1954 بدائرة العوانة (ولاية جيجل، الجزائر). وزاول دراسته الجامعية بجامعة الجزائر (المسماة الآن جامعة الجزائر 1). وبعد حصوله على شهادة الليسانس في الأدب العربي توجّه إلى التعليم عام 1981 ليدرّس مادة اللغة العربية في مرحلة التعليم الثانوي، وظل يمارس هذه المهنة نحو عشر سنوات. وإثر حصوله على شهادة الماجستير أصبح أستاذا مساعدا بجامعة الجزائر عام 1990. وبعد ذلك تدرّج في الدراسة والتدريس ورُقّي إلى رتبة أستاذ محاضر عام 1998 بعد نيله شهادة دكتوراه الدولة، ثم إلى رتبة أستاذ دكتور بجامعة الجزائر عام 2008.

وفضلا عن التدريس، كان الأستاذ الشريف مريبعي قد تقلّد مناصب علمية وإدارية عديدة منها:

- مدير مخبر تحقيق المخطوطات ودراسة التراث الأدبي واللغوي، منذ 2003.
- رئيس المجلس العلمي لمركز البحث العلمي والتقني لتطوير اللغة العربية (الجزائر العاصمة).
- خبير في الندوة الجهوية للوسط، مكلّف بتقييم مشاريع الماجستير والماستر.
- مدير معهد اللغة العربية وآدابها بجامعة الجزائر (1996-1999).
- عميد كلية الآداب واللغات، جامعة الجزائر2 (2014 -2015).
- عميد كلية اللغة العربية وآدابها واللغات الشرقية، جامعة الجزائر2 (2015- 2017).
- مدير مركز البحث العلمي والتقني لتطوير اللغة العربية (2017- 2019).
- المدير العام للهيئة العليا للذخيرة العربية (2017- 2022).

وفي التاسع من جانفي 2023، عيّن رئيسا للمجمع الجزائري للغة العربية.

ومن أعماله الأكاديمية ومنشوراته، نذكر:

- شعر عبد الكريم العقون: جمْع وترتيب وتحقيق ودراسة فنية (2008)، وقد طبع في إطار سنة "الجزائر عاصمة للثقافة العربية".
- الشاعر الشهيد الربيع بوشامة: دراسة في حياته وشعره، الوكالة الإفريقية للإنتاج السينمائي والثقافي، 2009.
- فهرسة خزائن المخطوطات بولاية أدرار، طبع في إطار سنة "الجزائر عاصمة للثقافة العربية"، 2010.
- إعمال الأعلام فيمن بويع قبل الاحتلام من ملوك الإسلام، للسان الدين بن الخطيب، القسم الثالث، تقديم وتحقيق، دار الأمل، الجزائر، 2010.
- قصة سيف التيجان: دراسة وتحقيق، دار الشهاب، الجزائر، 2011.
- الإشراف على تأليف الكتب المدرسية الرسمية، بتكليف من وزارة التربية الوطنية للسنوات الأولى والثالثة والرابعة من التعليم المتوسط.
- الإشراف على تأليف كتاب اللغة العربية وآدابها للسنة الثالثة من التعليم الثانوي، بتكليف من وزارة التربية الوطنية.

بالإضافة إلى العشرات من المقالات المنشورة في المجلات والدوريات الجزائرية والأجنبية.

دعنا نطلع الآن على أجوبة الأستاذ الشريف مريبعي بخصوص الشأن اللغوي والمجمع الجزائري للغة العربية.

10 أسئلة يجيب عنها الأستاذ الشريف مريبعي رئيس المجمع الجزائري للغة العربية

السؤال 1: لقد عايشتم حال تدريس اللغة العربية منذ مطلع التسعينيات في الجامعة، وقبل ذلك التاريخ في التعليم الثانوي. فعلى ضوء تجربتكم، كيف تقيّمون مسار ومناهج تدريسها للطلبة والتلاميذ؟

الجواب: لا يخفى على أحد أن اللغة العربية -فضلاً عن كونها مادة من مواد البرنامج الدراسي في المراحل ما قبل الجامعة- يصل حجمها الساعي في بعض المستويات إلى غاية سبع ساعات أسبوعيا، وتتمتع بمعامل مرتفع يراعى في الامتحانات الفصلية، وفي شهادة التعليم المتوسط، وكذا شهادة البكالوريا. كلّ ذلك من أجل إيلائها عناية خاصة من قبل المعلم والمتعلم. وفضلاً عن هذا فهي لغة التدريس بالنسبة إلى جميع المواد حتى نهاية المرحلة الثانوية، حيث يفترض أن يكون للتلميذ وهو يغادر هذه المرحلة لينتقل إلى الجامعة ملمح المتحكم في اللغة العربية (لغة التعلم) كتابة ومشافهة وأداء.

وقد كان الأمر ملحوظا على هذه الحال في سنوات سابقة خاصة في السبعينيات والثمانينيات من القرن الماضي، حيث كنا لا نشكو من ضعف التعليم عمومًا، إلا أن مشكلة انهيار المستوى بدأت تطفو وتتفاقم في السنوات التي أعقبت تلك المرحلة، حيث دبّ الضعف في مستوى المنظومة التربوية، وتبادل كل المعنيين التهم، ومع هذا الانهيار كان لمستوى اللغة العربية في المدرسة النصيب الأوفر، وانتهينا إلى ما عرف بإصلاح المنظومة التربوية ذلك القرار الذي أخذ في أعلى مستوى. ولكنه لم يُجْدِ نفعًا ولم يساهم في الارتقاء بمستوى التعليم، ولم يجد طريقًا سليما لتعلم اللغات في الجزائر، ولم ينقذ المنظومة التربوية بكاملها من الضعف الذي صارت تعاني منه.

" الضعف الذي مسّ المنظومة التربوية بكاملها قد مسّ أيضا تعليم اللغة العربية ... بل واللغات بكاملها".

ومن هنا فالضعف الذي مسّ المنظومة التربوية بكاملها قد مسّ أيضا تعليم اللغة العربية ومستواها، بل واللغات بكاملها، الفرنسية والإنجليزية والإسبانية والألمانية في المنظومة التربوية الجزائرية. ومع ذلك فإن اللغة العربية التي تدرس بها العلوم الاجتماعية والإنسانية كلها في الجامعة قادرة على أن تكون لغة تدريس العلوم والتكنولوجيا أيضا، ويكون ذلك أفضل للطالب من حيث الفهم والتحصيل، لأن مستوى طلبة السنة الأولى في الجامعة -تخصص رياضيات مثلا- في اللغة الفرنسية لا يختلف عن مستواهم في اللغة العربية، وربما يكون أقل بكثير. كما أن تدريس العلوم والرياضيات والفيزياء والكيمياء في المدارس العليا للأساتذة تعدّ تجربة رائدة يحسن الاقتداء بها في المؤسسات الجامعية

الأخرى. أمّا من حيث الأساتذة الذين سيتكفلون بالتكوين فإن معرفتهم باللغة العربية لا غبار عليها، وأما مسألة المصطلحات فيمكن التغلب عليها بإيرادها بلغتها الأصلية إذا لزم الأمر.

السؤال 2: كنتم سيّرتم شؤون مركز البحوث العلمية والتقنية لتطوير اللغة العربية خلال عدة سنوات. يبدو أن هذا المركز كان له الكثير من الطموحات والأهداف لخدمة اللغة العربية بما فيها اللغة العلمية. هل يمكن أن نعرف ما هي أهم الأهداف التي حققها المركز لحد الآن؟

الجواب: مركز البحث العلمي والتقني لتطوير اللغة العربية لم يكن محظوظا منذ نشأته. ذلك أن الظروف التي مرّ بها لم تسمح له بأداء دوره المنوط به على الوجه الأكمل. فهو لا يتوافر على هياكل إدارية كافية ولائقة، تعين على أداء مهام البحث، ولم يتمتع باستقرار على امتداد عدد من السنوات حيث تعاقب على إدارته عدة مديرين. ومع ذلك فهو يتوافر على كفاءات علمية عالية، وباحثين من ذوي الرتب العلمية العليا، وكذا على موظفين لدعم البحث مدربين ومكونين في مجال تخصصهم تكوينا عاليا.

وقد استطاع هذا المركز أن يحقق بعض أهدافه المسطرة في مجال تعليمية اللغة العربية وفي الصناعة المعجمية وفي الترجمة، وفي العلاج الآلي للغة وكذا العلاج الآلي للكلام. ويبقى فقط أن تثمن منتوجات الباحثين وأن تسوّق، وأن يتم الالتفات إلى المركز من حيث مقرّه على وجه الخصوص.

"اللغة العربية التي تُدرَّس بها العلوم الاجتماعية والإنسانية في الجامعة قادرة على أن تكون لغة تدريس العلوم والتكنولوجيا أيضا".

سؤال 3: أدرتم منذ نحو عشرين سنة مخبر بحث تابع لوزارة التعليم العالي يُعنى بتحقيق المخطوطات ودراسة التراث الأدبي واللغوي. وحسب مؤرخي العلوم، فإن الجزائر بصفة خاصة والبلدان المغاربية بصفة عامة لازالت تزخر بكثير من المخطوطات العلمية (في الرياضيات والفلك والتنجيم...) المغمورة التي تنتظر من ينفض عنها الغبار. فهل لكم نفس الرأي بحكم اهتمامكم بالمخطوطات وتحقيقها؟

الجواب: نعم، هناك عدد هائل من المخطوطات العلمية الجزائرية في الرياضيات والفلك والطب وغيرها محفوظة في الخزائن الخاصة بمختلف المناطق إلى جانب سائر المخطوطات، وإن كانت هذه المخطوطات أقل عددًا من مخطوطات العلوم الشرعية ومخطوطات اللغة والأدب. ولكنها لم تحظ بعناية بعكس غيرها من مخطوطات التاريخ والأدب والفقه والتفسير وعلوم الحديث وغيرها من العلوم الإسلامية. والسبب هو أن مخطوطات المعارف العلمية لها وضع خاص، فلا يلتفت إلى تحقيقها، لأن الذي يحقق هذا النوع من المؤلفات ينبغي أن يكون أولاً وقبل كل شيء مختصا في العلم الذي هو موضوع الكتاب، فلا يحقق مخطوط الجبر أو الهندسة إلا من له علم بالرياضيات ولا يحقق كتابًا مخطوطا في الطب إلا من يكون من أهل الاختصاص وربما يحتاج إلى من يساعده في قراءة النص ومقابلته، من المتمرسين بالخطوط. ولكن هذا

المساعد لا يمكن أن يعلق على المسائل العلمية ويشرحها ويخرج النصوص في مظانها ومقارنتها بالعلم الحديث، وإنما الذي يستطيع القيام بذلك هو رجل الاختصاص.

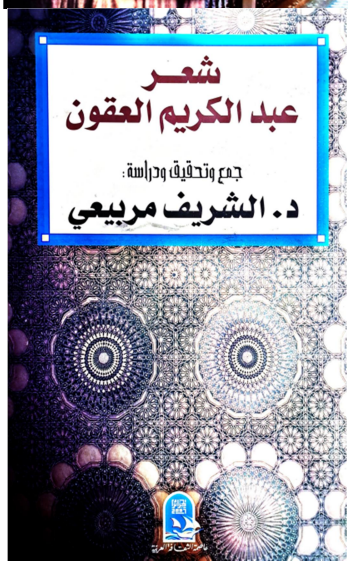
"... فلا يحقِّق مخطوط الجبر أو الهندسة إلا من له علم بالرياضيات...".

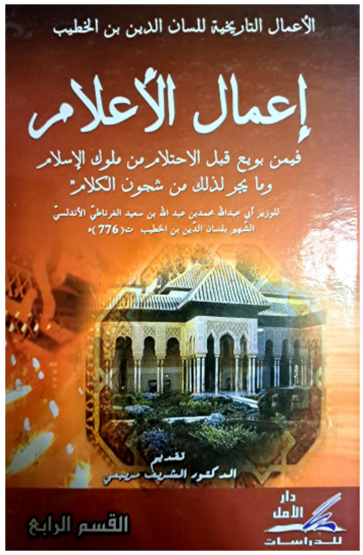
وغالبا ما يكون هؤلاء المختصون في زماننا هذا بعيدين عن الاهتمام بهذه المخطوطات لأسباب كثيرة منها ضعف مستواهم في اللغة العربية بحكم تكوينهم، واعتقادهم بعدم جدوى ذلك باعتبار أن العلم قد تطور في العصر الحاضر ووصل إلى ما وصل إليه، ولم تعد هناك فائدة من الاهتمام بهذا التراث العلمي المخطوط وإضاعة الوقت في التنقيب عنه.

السؤال 4: يرى البعض من الملاحظين أن خدمة اللغة العربية اليوم ينبغي أن تركز على شقها الخاص بالعلوم (مصطلحًا ولغةً وترجمةً)؛ وهؤلاء يرون أيضا أن خدمة جانبها الأدبي قد بلغ منتهاه. لا شك أن لديكم رأيا آخر في هذا الموضوع... نريد أن نعرفه !

الجواب: الاهتمام باللغة العربية والعمل على تطوير استعمالها يتطلب فعلاً تطوير الوسائل الكفيلة بذلك، ويأتي في مقدمة هذه الوسائل التكنولوجيا والذكاء الاصطناعي وما يوفره الحاسوب من جهد ووقت في الكشف عن أسرار اللغة والدراسات الافرادية لها وإنجاز المعاجم والأبحاث المختلفة، ولكن القول بأن خدمة الجانب الأدنى للغة قد بلغ منتهاه مردود على أصحابه، لأن اللغة تتطور أيضا بالكتابات الأدبية من شعر وقصة ورواية فهذه النصوص هي التي تغنيها

وتمدها بالمصطلحات وألفاظ الحضارة وتسوقها، وكلما تطورت الآداب والفنون وغزر إنتاجها كلما ظلت اللغة حية رائجة مستعملة من أهلها، والعكس صحيح أيضا.





"...اللغة تتطور أيضا بالكتابات الأدبية من شعر وقصة ورواية فهذه النصوص هي التي تغنيها وتمدها بالمصطلحات...".

السؤال 5: شغلتم في وقت سابق منصب مدير عام للهيئة العليا للذخيرة العربية. قيل عن هذا المشروع إن الأمر يتعلق بـ"غوغل" عربي. نودّ أن توضحوا لقارئ "بشائر العلوم" موضوع "الذخيرة" وفيمَ تتمثل، وأين وصل المشروع؟

الجواب: الذخيرة العربية مشروع علمي حضاري عربي غايته رفع المستوى العلمي والثقافي للمواطن العربي ولمستعمل اللغة العربية عمومًا. فالذخيرة بنك آلي للنصوص، كل النصوص التي كتبت باللغة العربية قديما وحديثا أو ترجمت إليها، وكذا تلك التي ستؤلف، وتترجم لاحقا من مختلف اللغات وفي جميع العلوم والآداب والفنون، وفي مختلف صنوف المعرفة، بحيث يتحول هذا المكتوب المطبوع ورقيا إلى صيغة رقمية ترفع على شبكة الإنترنت، ويكون لهذا المحتوى الرقمي محرك بحث يسيره، وبرمجيات إلكترونية تسهل الإفادة منه للصغير والكبير، للمتمدرس في الصفوف الدنيا وللطالب

الجامعي والباحث المختص والأستاذ، بحيث يتلقى مستعمل اللغة العربية الإجابة عن حاجاته المعرفية بسهولة وسرعة، ولا يخفى ما في ذلك من فوائد جليلة.

" الذخيرة بنك آلي للنصوص، ... يكون لهذا المحتوى الرقمي محرك بحث يسيّره، وبرمجيات إلكترونية تسهل الإفادة منه ".

السؤال 6: هل ترون أن هذا المشروع بدأ يقدم الآن أو سيقدم في المستقبل خدمة ذات شأن للغلة العربية العلمية؟

الجواب: للأسف المشروع متعثر نتيجة الوضع الذي يسود بعض البلدان العربية، وانعكاسات الوضع الدولي العام وعدم الإيمان القوي بالعمل العربي المشترك، لأن هذا المشروع لا يمكن أن تقوم به مؤسسة واحدة أو دولة واحدة ، فهو ضخم ويتطلب إمكانات مادية وموارد بشرية وإرادة قوية، ورغم هذه العثرات فإن المشروع حقق بعض أهدافه إلى الآن. فقد استكمل بنيته التحتية، وتم تطوير محرك بحث ومجموعة من البرمجيات النافعة على يد خبراء جزائريين بالمجمع الجزائري للغة العربية، كما تمت حيازة عدد لا بأس به من النصوص، ويبقى أن تبادر الدول العربية إلى الالتحاق من أجل الانخراط في المشروع والقيام بإنجاز حصصها.

"كل ما نراه اليوم من تكنولوجيا وبرمجيات إلكترونية ودراسات ... تعتمد على مدونات نصية إنما هو من روح مشروع الذخيرة ومن مخرجاته...".

من المعلوم أن كل ما نراه اليوم في هذا البلد العربي أو ذاك من تكنولوجيا وبرمجيات إلكترونية ودراسات وأبحاث تعتمد على مدونات نصية إنما هو من روح مشروع الذخيرة ومن مخرجاته ولكن هذا العمل يتم بصفة فردية، وتقوم به هيئات وأفراد من غير تنسيق. وما زال الأمل قائمًا في أن تنهض الدول العربية مجتمعة بهذا المشروع الحضاري الذي سيقدم خدمة كبيرة إلى اللغة العربية وسيعمل على رفع حجم المحتوى الرقمي العربي على شبكة الإنترنت، وهذا وحده كفيل بنشر العربية وجعلها لغة عالمية بأتم معنى الكلمة وجعلها أيضا لغة العلوم والتكنولوجيا.

السؤال 7: تولّيتم بعد رحيل المرحوم الأستاذ عبد الرحمن حاج صالح رئاسة المجمع الجزائري للغة العربية. ألا ترون أن إسهام المجمع في خدمة اللغة العربية منذ إنشائه (عام 1986) إسهاما "مهملا" (بالمصطلح الرياضي)، أي يكاد لا يذكر مقارنة بما ينبغي أن يكون عليه الحال وبما تقدمه المجامع الأخرى في العالم العربي وخارجه؟

الجواب: لم يكن المجمع الجزائري للغة العربية محظوظا منذ إنشائه، فرغم أنه أنشئ في سنة 1986 بقانون، وكان الهيئة الوحيدة التي تعنى باللغة العربية آنذاك موضوعة تحت وصاية رئاسة الجمهورية وتحت الرعاية السامية لرئيس الجمهورية، ولكنه لم يفعل وظل حبرًا على ورق إلى غاية 1999 حيث عيّن له مكتب تنفيذي، ولكن هذا المكتب انفرط عقده بمجرد وفاة رئيسه الأستاذ التيجاني هدام رحمه الله، ثم عين الأستاذ عبد الرحمن الحاج صالح في سنة 2000 رئيسا للمجمع. ولكنه ظل وحيدًا من غير مكتب تنفيذي يعينه، ومن غير أعضاء يتولون القيام بالعمل المجمعي. وبعد وفاته رحمة الله عليه في سنة 2017 ظلّ المجمع هيكلا بلا روح حتى بادر السيد رئيس الجمهورية عبد المجيد تبون إلى تفعيله في جانفي 2023 حيث عين له مكتبا تنفيذيًا من خمسة أعضاء، ثم عين له أعضاءه الدائمين البالغ عددهم 25 عضوًا. وعلى الفور شكلت خمس لجان شرعت في عملها للتو، مثل لجنة المعاجم وإقرار المصطلحات ولجنة النهوض باللغة العربية نحو مجتمع المعرفة ولجنة المخطوطات وإحياء التراث ولجنة قضايا الاستعمال اليومي للغة العربية، وستقدم كل لجنة تقاريرها خلال المؤتمر السنوي الأول للمجمع في ديسمبر 2024.

"المجمع الجزائري سيكون له في القريب جهده وإسهامه المتميّز بفضل ما يتوافر عليه من طاقات بشرية وكفاءات علمية".

طبعا المقارنة لا تصح بين مجمع ولد بالأمس ومجامع فاق عمرها المئة سنة مثل المجمع السوري والمجمع الأردني ومجمع القاهرة، فهذه قد صار لها باع طويل وخبرة كبيرة في الاشتغال على اللغة العربية، ولكن المجمع الجزائري سيكون له في القريب جهده وإسهامه المتميّز بفضل ما يتوافر عليه من طاقات بشرية وكفاءات علمية ذات إرادة قوية، وبفضل توجهه إلى الاستعانة بالرقمنة والتكنولوجيات الجديدة.

السؤال 8: نعلم أن النشاط الآن صار حثيثا في المجمع، وتغيرت كثير من الأمور في أداء مهامه. فما هي الخطوط العريضة لأبرز المشاريع التي تعتزمون إنجازها خلال السنوات الثلاث القادمة.

الجواب: من أهم المشاريع التي تمت برمجتها إنجاز معجم الجزائر للغة العربية المعاصرة يضم مختلف المصطلحات العلمية وألفاظ الحضارة واللغة الفصيحة المستعملة في الواقع اليومي الجارية على الألسنة والأعلام المشهورين في مختلف العلوم والفنون.

-إنجاز معجم للمصطلحات البينية، وهي المصطلحات التي استعملت لأول مرة في علم من العلوم ثم هاجرت إلى علوم أخرى.

- تخصيص جائزة سنوية للبحث في علوم اللغة العربية،

- إنجاز مسارد للغة الفصيحة المتضمنة في الاستعمال الدارج، من خلال تتبع اللغة اليومية المحكية واقتناص ما فيها من ألفاظ نحسبها من العامية وهي فصيحة. وذلك إثراء للغة العربية والتقريب بين الفصحى والعامية باعتبار أن العامية الجزائرية هي أقرب العاميات في البلدان العربية إلى المستوى الفصيح،

- تحقيق مخطوط أو أكثر لأحد علماء الجزائر،

- نشر كتب ومؤلفات في مجال اهتمامات المجمع،

- ترقية مجلة المجمع الجزائري للغة العربية، وفهرستها وتصنيفها في بعض المنصات العالمية،

- إنشاء مدونات نصية متخصصة تساهم في النهوض باللغة العربية نحو مجتمع المعرفة من خلال برمجيات إلكترونية.

هذه عينة من المشاريع التي انطلق المجمع في إنجازها، بالإضافة إلى مشاريع أخرى ستبرمج لاحقا إن شاء الله.

السؤال 9: إلى أي مدى سيهتم المجمع بإثراء اللغة العربية العلمية ومصطلحاتها؟

الجواب: توجه المجمع إلى استخدام التكنولوجيا في العناية باللغة. سيكون من مخرجاته حتما العناية بإنتاج المصطلحات العلمية واشتقاقها، وترجمتها. فهذه المسألة هي أولوية بالنسبة إليه، والحاجة ماسة إليها وملحة نظرًا للعوز إلى المصطلح المعبّر عن المفاهيم الجديدة باللغة العربية.

" اللغة العربية ليست قاصرة ولا معاقة بل هي لغة تملك من المؤهلات ما يجعلها لغة العلم وأداة لتعليم المواد العلمية في الجامعات الجزائرية".

السؤال 10: هل من كلمة توجهونها لقراء "بشائر العلوم" في الموضوع اللغوي؟

الجواب: لقد كشفت "**بشائر العلوم**" عن كنوز علمية باللغة العربية، وعرّفت بشخصيات علمية جزائرية تستعمل اللغة العربية بصفة راقية في الرياضيات والطبيعيات، والفيزياء والطب وعلوم الأرض وغيرها.

وقد كنا نجهل هذه الثروة الفكرية الهائلة المشتتة التي يمكنها إن اجتمعت ووجدت إطارًا من التعاون كمركز بحث في ترجمة العلوم مثلاً، يمكنها التمكين للغة العربية في مجال العلوم الدقيقة والتكنولوجيا، فاللغة العربية ليست قاصرة ولا معاقة بل هي لغة تملك من المؤهلات ما يجعلها لغة العلم وأداة لتعليم المواد العلمية في الجامعات الجزائرية. وتعدّ المدارس العليا للأساتذة في العلوم الدقيقة تجربة رائدة يمكن أن تقتدي بها مؤسسات التعليم العالي الأخرى المختصة في مجال العلوم والتكنولوجيا.

****

أنشئ المجمع الجزائري للغة العربية بتاريخ 19 أوت سنة 1986. والمجمع هيئة ذات طابع علمي وثقافي، ويتمتع بالشخصية المعنوية، والاستقلال المالي، موضوع تحت الرعاية السامية للسيد رئيس الجمهورية، وتحت وصاية رئاسة الجمهورية.

من مهام المجمع:

- خدمة اللغة العربية بالسعي لإثرائها وتنميتها وتطويرها .
- المساهمة في إشعاع اللغة العربية، باعتبارها أداة إبداع في الآداب والفنون والعلوم.
- إحياء استعمال المصطلحات الموجودة في التراث العربي الإسلامي.
- اعتماد المصطلحات الجديدة التي أقرها اتحاد مجامع اللغة العربية، والتي يقرها في المستقبل.
- ترجمة وتعريب المصطلحات.
- نشر جميع المصطلحات في أوساط الأجهزة التربوية والتكوينية والتعليمية والإدارية.
- وضع قاموس حديث شامل للمصطلحات العلمية والتقنية في مختلف المجالات.
- تشجيع التأليف والترجمة والنشر باللغة العربية في جميع الميادين.
- إصدار مجلة دورية ينشر فيها إنتاج المجمع من مصطلحات وبحوث ودراسات.
- الإشراف العلمي على مشاريع وطنية وقومية تخص اللغة العربية، كمشروع الذخيرة اللغوية.

عرض الكتاب

عرض كتاب

كتاب التو افقيات: جولة إرشادية

Combinatorics: A guide Tour

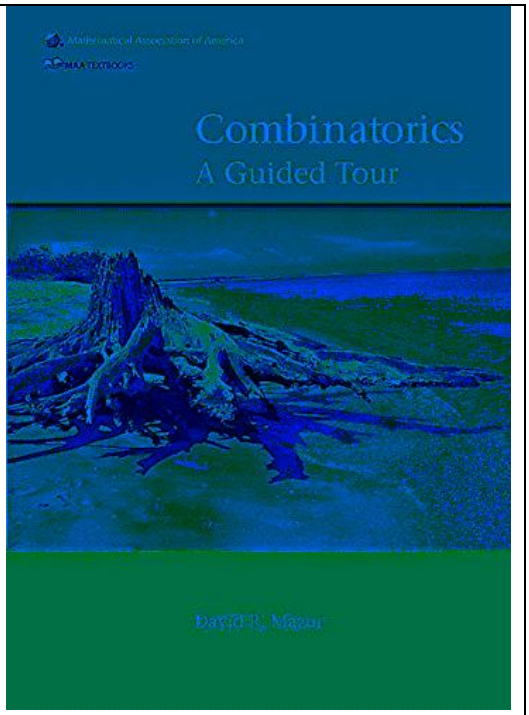
تأليف: ديفيد ر. مازور David R. Mazur

ترجمة: ميرفت سلمان

عرض: أبو بكر خالد سعد الله

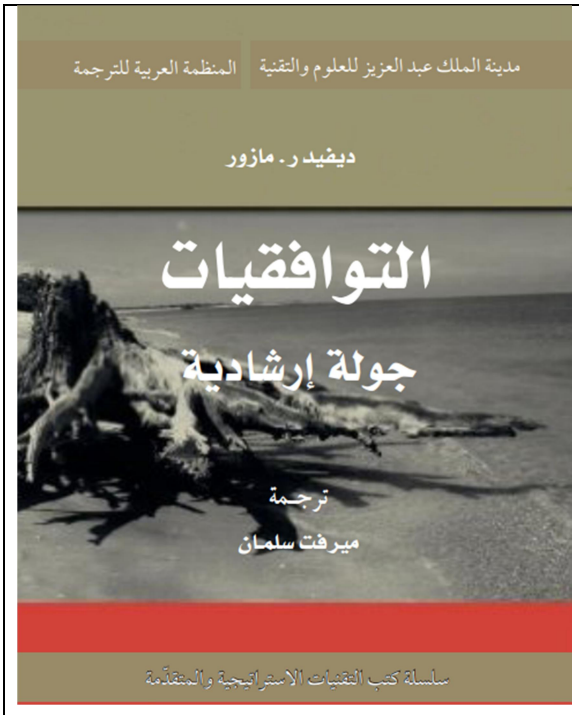
أستاذ بقسم الرياضيات، المدرسة العليا للأساتذة، القبة

khaled.sadallah@g.ens-kouba.dz



David R. Mazur : Combinatorics, A guide Tour,

Mathematical Association of America, Washington, 2010, 410p.



ديفيد ر. مازور: التوافقيات، جولة إرشادية

ترجمة: ميرفت سلمان، مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية (بالتعاون مع المنظمة العربية للترجمة)، الرياض، 2016، 937 صفحة.

1. المؤلف

ديفيد ر. مازور أستاذ للرياضيات في كلية ويسترن نيو إنغلاند Western New England College في سبرينجفيلد Springfield، ماساتشوستس Massachusetts الأمريكية. ولد عام 1971 في واشنطن، وحصل على شهادة الدكتوراه عام 1999 حول بحوث العمليات، وبرمجة الأعداد الصحيحة، والتوافقيات متعددة السطوح. وفازت أطروحته بالجائزة الأولى في مسابقة تقام مرة كل عامين للتعرف على الأطروحات المتميزة في مجال اختصاصه.

في عام 2016، قامت مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية (الرياض) بترجمة هذا الكتاب إلى اللغة العربية ضمن سلسلة "كتب التقنيات الاستراتيجية والمتقدمة"، وتعاونت في ذلك مع المنظمة العربية للترجمة (بيروت). وقد ترجمته إلى العربية الأستاذة ميرفت سلمان، وراجعه الأستاذان هيثم الناهي وحسن الشريف.

2. ما هي التو افقيات؟

يدرس تلاميذنا التوافيق (التوفيقات) في المرحلة الثانوية عندما يريدون مثلا تحديد عدد الحالات الممكنة، كمعرفة عدد المجموعات المكونة من 5 أشخاص منتسبين لمجموعة مكونة من 30 شخصا. لكن مسائل العد والتعداد أصبحت الآن أكثر تعقيدا. وكمثال على المسائل المطروحة اليوم نقدم المثال التالي :

نعلم أن هناك عددا كبيرا من الأقمار الصناعية قد وضعت في مدارات حول الأرض، وترسل على مدار الساعة رسائل مختلفة؛ وتقوم إلى جانب ذلك بمهام تقنية متنوعة. ولذا صار من المهم التأكد من صدق المعلومات التي تأتي بها تلك الرسائل. كيف يمكن عدّ تلك الرسائل التي تحتوي على معلومات خاطئة؟ سنعود إلى هذه المسألة. والواقع أن هذا النوع من المسائل صار اليوم موجودا في العديد من المجالات. وإذا اقتصرنا على الرياضيات وحدها فإننا نجدها في الجبر ونظرية الاحتمالات والهندسة والطبولوجيا والإحصاء. كما نجدها في حقول أخرى كالفيزياء وعلم الحاسوب.

دعنا نؤكد أن "التوافقيات" حقل من حقول الرياضيات، ويمكن أن نسميها "رياضيات العدّ". وإذا ما أردنا التدقيق أكثر قلنا إنها رياضيات تعداد الأشياء ووجودها وإنشائها وتحديد أفضلها. لقد تداخلت التوافقيات في الوقت الحاضر مع الرياضيات الحديثة. في الماضي القريب، كان ينظر إليها كمجموعة من الأدوات المفيدة التي تؤدي دورا متفاوت الأهمية في حقول معرفية أخرى. والآن تجسدت التوافقيات في إطار متماسك وصارت فرعا رياضيا قائما بذاته.

يقع الكتاب الذي بين أيدينا في 8 فصول تغطي أبرز ما يتطرق إليه الحساب التوافيقي: فيبدأ بتقديم مبادئ هذا النوع من الحساب، ثم ينتقل إلى مفهوم ما يسمى بالتوزيعات. وحتى يتمكن الكاتب من تقديم المزيد من المفاهيم اضطر إلى التذكير بالأدوات الجبرية الكفيلة بدراسة التوافيق. كما استعرض مجموعات الأعداد الشهيرة. وتبعها بالحديث عن المجموعات المرتبة جزئيا. وكان المؤلف قد قدم قوائم من التمارين فضّل أن يشير إلى حلول بعضها باقتضاب في آخر الكتاب. وكعادة مؤلفي الكتب الأكاديمية ينتهي الكتاب بثبْت للتعاريف وثبْت آخر للمصطلحات.

يؤكد الكاتب على القارئ أهمية البحث في التمارين المطروحة في هذا الكتاب المرجع. وقد بلغ عدد التمارين والأسئلة فيه 350 وحدة موزعة بين الفصول الثمانية. وقارن الكاتب وضعية القارئ الذي لا يتدرب على حل التمارين بذلك الذي يسعى ويجتهد في حلها قائلا إن "قراءة كتاب رياضيات دون ممارسة بالورقة والقلم تشبه البقاء في فندق والاستمتاع بالمناظر الخارجية من خلال النافذة. بينما تكمن المتعة الأكبر في مغادرة الفندق والتجوّل سيرًا على الأقدام". ولذا يوصي الكاتب القارئَ بأن يحتفظ فوق طاولته بقلم وورقة خلال مطالعة الكتاب حتى يكون جاهزا للتفكير في كل سؤال يُطرح عليه في النص الذي هو بصدد قراءته.

يقدم صاحب الكتاب مؤلفه على أنه "رحلة في تعريف التوافقيات" يمكن أن يستغلها طالب خلال فصل دراسي أو في دراسة مستقلة وذاتية. وأشار إلى أنه ركّز على الدراسات الاستقصائية حول تطور التوافقيات أثناء العقد الأول من القرن الحادي والعشرين.

3. محاور الكتاب

يمكن تقسيم هذه المحاور إلى أربعة، هي :

أ) المحور الأول : **العَدّ**. يتمثل هذا الموضوع عموما في طرح السؤال التالي : "كم عدد كذا...؟".

ومن هنا تبدأ رحلة الكتاب. فالعدّ هو تحديد العدد الدقيق لمجموعة من الأشياء إجابة عن السؤال "كم". وفي أغلب الأحيان تكون أسئلة العدّ جذابة لأنها تَظهر في جل الوضعيات التي نعيشها. وتساعد الإجابات عنها على تنمية مهارات حل المسائل.

وفي هذا المحور يقدم المؤلف مثالا حول لعبة السُودوكو الآسوية، الشبيهة بالكلمات المتقاطعة، التي تستعمل جدولا من 9 أسطر و 9 أعمدة يُطلب ملؤها وفق شروط معينة. فعندما يطرح السؤال: كم عدد لوحات السودوكو بـ 9 أسطر و9 أعمدة لا يكون الجواب سهلا رغم أنه معلوم بدقة.

فالتعبير عن هذا الجواب بدقة، أي بتوضيح محتوى كل لوحة، سيتطلب إظهار عدد من الألواح يساوي بالتقريب 6 مضروبة في 10 ملايين ثم في 10 ملايين ثم في 10 ملايين (3 مرات). ولهذا لا نستطيع كتابة قائمة مفصلة بكل هذه الاحتمالات لضخامة عددها.

هل يتصوّر القارئ أن كتابة ذلك بالحاسوب سيستغرق مدة تزيد عن 20 ألف سنة. وهل يمكن أن نتصور أن طباعة كل لوحة من هذه الألواح في قطعة ورق مربعة طول ضلعها 1 متر سيتطلب كمية من الورق يكفي لتغطية كوكب المشتري 625 مرة؟ !

كعينة من الأسئلة البسيطة من مسائل العدّ التي يطرحها الكاتب على القارئ، نقدم هذا التمرين: "أجرت أستاذة جامعية امتحانا طلبت فيه من الطلاب الإجابة عن أي خمسة أسئلة من ثمانية أسئلة مطروحة. بكم طريقة يمكن للطلاب اختيار الأسئلة؟"

إليك مثالا آخر من نفس القبيل: "تتكون مجموعة من 7 أشخاص، كل شخص عنده على الأقل 3 أصدقاء من أعضاء تلك المجموعة". إذا كان ثمة شخصان غير صديقين، فهل سيكون لديهما صديق مشترك في نفس المجموعة؟ ويوضح التمرين المقصود هنا بلفظ "الصديق المشترك" فيقول: إذا كان زيد وعمرو يعرفان عبد الرحمن فإن عبد الرحمن صديق مشترك لكل من زيد وعمرو. نلاحظ أن من عادة المؤلف أنه يطرح مثل هذه الأسئلة التي تبدو بسيطة للقارئ، ثم يعقدها خطوة خطوة في عديد الصفحات حتى يستنتج منها قاعدة حسابية عامة.

نشير إلى أن "مثلث باسكال" معروف في الرياضيات بأنه يوفّر طريقة لحساب كميات تسمى "معاملات" تَظهر في عديد الصيغ الرياضية، لا سيما في التوافقيات. وبهذا الصدد يقول الكاتب: "لقد تم التعرف بشكل جيد على هذا المثلث والعديد من خصائصه قبل مجيء العالم باسكال من قِبل رياضيين من آسيا والشرق الأوسط وشمال إفريقيا وجنوب أوروبا في مطلع العام 1000م". ثم يحيل القارئ إلى مقالة كتبها مؤرخ الرياضيات الأمريكي الشهير فكتور كاتز حول هذا الموضوع عام 1996.

وهؤلاء الذين سبقوا الفرنسي بليز باسكال في التوصل إلى هذا المثلث هم بوجه خاص أبو بكر محمد بن الحسن الكرجي، المتوفى عام 429هـ/1020م، الذي ورد في كتاباته هذا المثلث. نلاحظ بخصوص اسم هذا العالم أنه يسميه البعض الكرْخي بدل الكرَجي... ولذا لا يُعلم ما إذا كان أصله من "كرج" في بلاد فارس أو "الكرخ" في العراق.

نلاحظ أيضا أن باسكال عاش في القرن السابع عشر الميلادي، أي أزيد من 6 قرون بعد الكرجي. كما استعمل المثلث المذكور أيضا السموال المغربي الذي عاش في بغداد، ثم مراغة في القرن الثاني عشر الميلادي. وورد المثلث كذلك في كتابات ابن منعم العبدري الذي عاش خلال القرن الثالث عشر الميلادي في شمال إفريقيا. أما في الصين فاستعمل المثلث خلال القرن الثالث عشر من قِبل بيونغ هوي. وفي أوروبا استعمل المثلث العالم الإيطالي طارطاليا خلال القرن الخامس عشر الميلادي قبل باسكال.

ب) المحور الثاني: ركز هذا المحور مسألة "وجود الحل"، بمعنى أننا نتساءل عما إذا كانت القضية المطروحة ممكنة. فإذا اعتبرت مجموعة 25 شخصا في العالم، يمكنك أن تتساءل مثلا عما إذا كان بالإمكان أن نجد من بينهم دائما 4 أشخاص يعرف كل منهم الأعضاء الآخرين من المجموعة، أو أن يكون هناك 5 أشخاص لا يعرف أيّ منهم أيّ عضو آخر؟

القليل يعلم أن الإجابة عن هذا السؤال قُدمت عام 1993 وليس قبل هذا التاريخ! من المفيد أن نضيف أن هذه الإجابة تطلبت آلاف الساعات من العمل باستخدام الحواسيب. نلاحظ أن في الكثير من المسائل الرياضية، خاصة في المعادلات الجبرية وفي المعادلات التفاضلية، يركز الباحثون على الإتيان بنظريات تثبت وجود حلول لتلك المعادلات حتى إن كانوا عاجزين عن كتابة الحلول بطريقة صريحة.

ج) المحور الثالث: يطرح المحور مسألة البناء والصياغة. لتوضيح هذا الموضوع يضرب المؤلف مثلا بالمركبة الفضائية "مارينر 9" التي وُضعت في مدار كوكب المريخ ما بين عامي 1971 و 1972. وبعد ذلك أرسلت صورًا أوضحت تماما سطح ذلك الكوكب. نلاحظ أن مشغّل الأقراص الضوئية كان آنذاك يؤدي دوره بسلاسة ومن دون أخطاء رغم الخدوش التي وُجدت صدفة في القرص. ذلك أنه كان هناك مصحح أخطاء يسمح بإرسال كل المعلومات بدقة بلغت 100% مهما كانت الأخطاء الواردة. هذا المصحح يستعمل التوافقيات.

د) المحور الرابع: يهتم هذا المحور بالفَضْلنة (أو الاستمثال) التي تُختصر في السؤال التالي: ما هي أفضل طريقة؟ فلقد أصبح مثلا نظام "جي بي آس" معروفا ومتداولا ويسمح للسيارة المتنقلة بتحديد أفضل طريق للذهاب من مدينة إلى أخرى. وللقيام بذلك يحل النظام مسألة "فضلنة" توافيقية تتعلق بتحديد أقصر طريق. ولهذا النوع من المسائل تطبيقات كثيرة.

كانت الحرب العالمية الثانية قد ساعدت على تطوير هذا الفرع من فروع الرياضيات إذ أسهم في حل مسائل عويصة مثل مسائل الإمداد. كما أن علم الحاسوب يزخر بتطبيقات ذات صلة وثيقة بالتوافقيات. وقد لعب الاحصائيون دورا بارزا في بناء نماذج تجريبية صالحة للاستعمال في ميادين عديدة.

ولتأكيد ذلك يشير المؤلف إلى أن "الرابطة الأمريكية للرياضيات" و"جمعية الحواسيب" هما من أكبر الجمعيات المهنية النشطة في حقلي الرياضيات وعلم الحاسوب، وهما تعتبِران أن من الأهمية بمكان أن تتم دراسة مناهج متنوعة تندرج فيها التوافقيات ودراسة ما يعرف في حقل العلوم بالرياضيات المتقطعة.

يشير الكاتب إلى أنه إذا أراد المرء معرفة عدد الأبقار الموجودة في قطيع، يمكنه أن يعدّ رؤوس البقرات، أو أن يعد سيقانها، وأن يَقسم بعد ذلك المجموع على 4. هذا مثال بسيط يبيّن كيف يفكر خبراء التوافقيات في بعض المواقف. فهم يعدون بمنهجيتين مختلفتين للتأكد من صحة النتيجة. ومن شأن هذا الأسلوب أن ينمّي طرق الإدراك ويثري مهارات التفكير التوافيقي لدى التلميذ والطالب.

وقد خصص الكاتب فصلا كاملا لتقديم الأدوات الجبرية المألوفة اللازمة للقارئ. ومن شأن هذه الأدوات أن تسهل إنجاز العديد من الخطوات في كثير من المسائل والبراهين. ورغم بساطة الأدوات المقدمة التي دأب المؤلفون على

تقديمها مجردة -وذلك حال الجبر المجرد- فضّل المؤلف تقديم أمثلة عملية كلما سنحت الفرصة. فمن أمثلته الحديث عن تشفير الرسائل وتعداد الشيفرات في الاتصالات. ومن الأمثلة الأخرى تحديد عدد القواسم في مجموعة من الأعداد الطبيعية.

4. فيبوناتشي وبوليا وبيرنساید

نجد في الكتاب فصلا آخر يُعنى بتقديم أهم مجموعات الأعداد، فتحدث عن أعداد أو متتاليات "فيبوناتشي" وأعداد "لوكاس" وأعداد "ستيرلينغ". والخبراء يعرفون دور أعداد فيبوناتشي وما يؤكد أهميتها أن هناك مجلة أكاديمية فصلية تحمل اسم "فيبوناتشي".

ما هي أعداد فيبوناتشي؟ هب أن لديك عددين (مثلا 1 و 3). قم بجمعهما وستحصل على عدد فيبوناتشي الثالث (هنا نجمع 1+3 فنحصل على 4). ثم نكرر نفس العملية للحصول على عدد فيبوناتشي الرابع، وذلك بجمع العددين السابقين، وهما 3 و 4، فيكون العدد الرابع هو 7. ثم يكون العدد الخامس يساوي 4+7، أي 11، وهكذا دواليك.

فكلما اخترت عددين واتبعت هذا الأسلوب في إنشاء الأعداد المتوالية حصلت على متتالية من متتاليات فيبوناتشي. لماذا اهتم الرياضيون بهذا النوع من الأعداد؟ لأنهم لاحظوا ظهورها في كثير من المسائل الطبيعية، مثل توالد الأرانب، وهي مرتبطة أيضا بما يعرف في الرياضيات بـ"العدد الذهبي". ونجد هذه الأعداد عند البحث عن القاسم المشترك الأكبر؛ وقد استغلها البعض في الشعر وفي تبليط الأسطح وغير ذلك من التطبيقات.

من هو فيبوناتشي؟ إنه إيطالي عاش خلال القرن الثالث عشر ميلادي، ويعتبر من عباقرة الرياضيات في ذلك العصر، واسمه الحقيقي هو ليُوناردو بِيزانو. ولد في مدينة بيزا الإيطالية وكان أبوه ممثلا لتجار منطقة بيزا التي كانت معروفة بطابعها التجاري وبمينائها الاقتصادي. ولما كانت المدينة معروفة أيضا بالعلم والثقافة فقد درس فيبوناتشي أعمال الخوارزمي في الجبر.

كان الابن فيبوناتشي يسافر إلى مصر وسوريا وصقلية والجزائر ممثلا أحيانا لوالده وأحيانا أخرى مرافقا له. وهو ما سمح له بالالتقاء بعديد علماء الرياضيات في المنطقة. فكان له الفضل في إدخال الأرقام العربية والترميز الجبري إلى إيطاليا، ومن ثمّ إلى أوروبا. وفي هذا السياق يُذكَر أن منطقة فلورنسا الإيطالية مَنعت على مصالح البنوك استعمال هذه الأرقام في بداية الأمر.

والطريف أن فيبوناتشي ألف كتابا في الحساب يُنسب إليه سماه "ليبر أباتشي" Liber Abbaci، متأثرا بما كتبه العرب فكان جزء منه مكتوبا في الاتجاه العربي، أي من اليمين إلى اليسار. ومن المعلوم أن المدينة التي أقام بها في الجزائر هي مدينة بِجاية (الجزائر)، وكانت آنذاك مركزا علميا بارزا في شمال إفريقيا.

وقد أثبت مؤرخو الرياضيات أن فيبوناتشي تأثر بتربية النحل المنتشر في منطقة بجاية، وهذا الذي استلهم منه ما يعرف بأعداد فيبوناتشي. وكان هذا الرياضي قد درس على علماء بجاية الحساب والجبر عندما رافق أباه إلى هذه المدينة، كممثل لتجار بيزا، ومكث فيها طويلا. يقول فيبوناتشي حول إقامته في مدينة بجاية: "عندما رحل والدي إلى بجاية، بعد أن عينته بلاده مُوثِّقا عاما في الجمارك ببجاية كممثل لتجار بيزا استدعاني وأنا لازلت طفلا لأكون معه هناك. كان والدي يرغب في أن أظل في بجاية لتلقي التعليم في مدرسة المحاسبة". ثم يقول إنه أستوعب تلك العلوم بفضل التعليم الممتاز واستوعب ما كان موجودا من هذا العلم في مصر وسوريا واليونان، وصقلية.

من التمارين الطريفة المطروحة في الكتاب هذا التمرين: "يعيش فأر في فندق ويرغب في الانتقال من مدخل الطابق الأرضي إلى حيث يوجد جحره في الطابق العاشر. كل حركة يقوم بها الفأر تكون إما بمقدار غرفة شمالا أو غرفة شرقا أو طابقا إلى الأعلى. السؤال: كم طريقة يستطيع بها الفأر التنقل؟"

وقد تحدث المؤلف في الفصل الخامس عن مبرهنة التعداد لجورج بوليا، ذلك الرياضي المجري الذي درس خلال الثلاثينيات من القرن الماضي مسألة ذات علاقة بالكيمياء. كان بوليا قد سلط الضوء على مسألة تخص وضعا خاصا في المركبات الكيميائية وحل المسألة المطروحة. وكان هذا الحل يحمل بين طياته نتيجة أساسية مكنت من معالجة مسائل كثيرة من مسائل العد الأخرى.

يلاحظ المؤلف بخصوص نظرية تدعى "نظرية كوشي- فروبينيوس- بيرنسايد" أنها أحيانا تسمى "توطئة بيرنسايد Burnside" أو "نظرية بيرنسايد". لكن هناك خطأ متداولا في هذه التسميات بناء على بحث صدر عام 1970 أراد أن ينبه إليه المؤلف، مفاده أن كوشي هو أول من أثبت حالة خاصة من النتيجة عام 1845. ثم قام فروبينيوس Frobenius بإثباتها عام 1887م في شكلها المتداول الآن. وقد استخدم المؤلفون فيما بعد تلك النتيجة التي وجدوها في كتاب صادر سنة 1911 لبيرنسايد. ولما غابت المرجعية لأصل تلك النتيجة نسبوها إلى بيرنسايد وأصبح بعد ذلك اسمها نظرية أو مُسلّمة بيرنسايد.

5. نظرية البيانات (المخططات) وتطبيقات أخرى

تناول الفصل السادس بالتفصيل نظرية. ومصطلح "البيان (المخطط)" هنا يمكن أن ننظر إليه كمجموعة مجردة مؤلفة من كائنات، والأصح أن ننظر إليها كمجموعة مجردة مترابطة تبرز فيها رؤوس وأضلاع وأحيانا عُقَد. والترابط هنا يعني أن لكل رأسين من المخطط مسارا يربطهما.

يرى المؤرخون أن أول من بحث في نظرية البيانات هو السويسري ليونارد أولر Euler عام 1730م عندما حل مسألة من أشهر مسائل الرياضيات عبر التاريخ، وهي مسألة جسر كونغبارغ Konigsberg. ومدينة كونغبارغ مدينة أوروبية كانت في وقت سابق عاصمة بروسيا الشرقية. ولم تسجل نظرية البيانات تقدما يُذكر حتى نهاية 1800.

وفي هذا التاريخ عاد الاهتمام بها وبحث فيها عدد من علماء الرياضيات، وأثبتوا نتائج مثيرة للانتباه. ثم توسعت الدراسات في هذا الحقل خلال القرن العشرين فكانت لها تأثيرات كبيرة في تطوير العديد من العلوم التطبيقية، منها علم الحاسوب. لقد تمخضت عن حقل البيانات البنائية، وبصفة خاصة في شقّه المتعلق بدراسة التعامل مع تخزين وتوزيع البيانات في الحاسوب، عدة مسائل تندرج في التوافقيات ذات الصلة بنظرية البيانات.

وعندما تناول المؤلف موضوع تلوين البيانات أشار إلى مسألة الألوان الأربعة الشهيرة التي ظلت مطروحة مدة تجاوزت القرن. وتم حل هذه المسألة عام 1976م ضمن برهان جاء في 139 صفحة نشرت عام 1977م، واعتمد كثيرا على حسابات قامت بها الحواسيب. فكان من الصعب على عدد من علماء الرياضيات تبنيها كبرهان موثوق به إذ لم يكن من الممكن التأكد منه يدويا.

وقد طرحت آنذاك قضية للنقاش تتمثل في السؤال التالي: إلى أي مدى ينبغي على علماء الرياضيات تقبل برهان تقوم فيه الآلة بالقسط الأوفر؟ نشير إلى أن هناك برهانا آخر لهذه النظرية نُشر عام 1996. أما نظرية الألوان الأربعة فنصها بسيط جدا حيث يقول: يمكن دائما تلوين أي خريطة جغرافية باستخدام 4 ألوان لا غير وبمراعاة اختلاف لونيْ كل بلدين متجاورين.

وتطرق الكتاب إلى موضوع هام في هذا العصر، وهو تطبيق التوافيق في مجال تصحيح الأخطاء. تعطي رموز تصحيح الأخطاء طريقة لنقل رسالة بحيث يمكن استرجاع الرسالة الأصلية عند ظهور أخطاء في عملية النقل. وهذه التقنية مستعملة اليوم في الهواتف النقالة ومشغلات الأقراص المدمجة والمركبات الفضائية.

وهناك مجال تطبيقي آخر لا يقل أهمية عن المجال السابق، وهو تصميم التجارب الإحصائية، خاصة في حقلي الزراعة والطب. ومن الأمثلة التي يمكن أن نسُوقَها في هذا الإطار تلك الدراسات المختصة في فحص كفاءة تركيبات مختلفة من مخصبات البذور والأدوية. ذلك أن الخروج باستنتاجات صحيحة يتطلب من الباحثين ومختبراتهم التحكم في العوامل غير التجريبية التي يمكن أن تشوّش على المخرجات. وكمثال على ذلك، يذكر المؤلف تجارب تركيبات مخصبات البذور إذ يجب اختبار كافة المجموعات بمراعاة اختلاف أنواع التربة واختلاف الأحوال جوية. وفي هذا السياق، توفر التصاميم التوافيقية نماذج أولية للتجربة الناجحة.

نشير في الأخير إلى أن المؤلف كان يحرص دائما على تقديم مراجع متعددة في متن النصوص للاستزادة من الموضوع الذي يتطرق إليه. والجدير بالتنويه أن أسلوبه يتميز بكونه يقدم أسئلة تتخلل النص، ولا ينتظر آخر الفصل ليقدم سلسلة من التمارين. كما يقدم ملخصا دوريا عندما ينتقل من موضوع إلى موضوع آخر داخل نفس الفصل.

ديفيد ر. مازور David R. Mazur مؤلف الكتاب