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 6 : أبريل 2023

فهرس العدد 6

رياضيات	
راسم التكامل لـ أبْدَنْكْ أباكانوفيتش	حمزة خليف
منطق جزيرة الفرسان والخدم	ناجي هرماس
النسبة الذهبية (2 :)النسبة الذهبية والرياضيات	زهية مصطفاوي وآخرون
حول الاشتقاق كسري الرتبة	عبد الرشيد سعدي
كيمياء	
تطور مطيافية رامـان وتطبيقاتها	عبد الحميد زغداوي وخليل قليفط
تكنولوجيا	
الأتْمَتة :تعريفها ومثال عن مجالات تطبيقها	محمد التهامي
ذكريات وتاريخ	
من ذكرياتي ... وقفات في مسار المدرسة العليا للأساتذة بالقبة (1)	محمد الطيب سعداني
مسألة تصنيف العلوم عند المسلمين وغيرهم (2)	عبد الله لعريبي
تعليمية	
حول تاريخ الرياضيات في الكتاب المدرسي للطور المتوسط بالجزائر	محمد مرابط
جوانب التكوين الأولي لأساتذة الرياضيات بالجزائر والمغرب وكبيك	محمود شنتي وآخرون
الترقية الأكاديمية بدل الترقية الإدارية، هل ستكون الخطوة القادمة لوزارة التربية؟	جمال حيمان
علوم طبيعية	
تلخيص أهم التطورات المعرفية في ظل السباق نحو غزو الفضاء مثال: النظام الشمسي	فاتن بن مرزوق وآخرون
وجهة نظر حول المنهج التجريبي في علوم الطبيعة والحياة	محمد محديد
شخصية العدد	
الأستاذ حسن بلبشير، مدير مركز البحث في الإعلام العلمي والتقني	تقديم: أبو بكر خالد سعد الله
عرض كتاب	
لا تُقاوَم :صعود ظاهرة الإدمان على التكنولوجيا والتجارة التي تُبقينا مُكبَّلين بها	تأليف: آدم ألتر Adam Alter عرض: ليلى زيتوني

كلمة العدد

تستقبل مجلة بشائر العلوم فصل الربيع من عام 2023 بعددها السادس، بعد أن نشرت ضمن أعدادها الستة 90 مقالا ومادة علمية خلال سنة ونصف. واللافت أن شهر أفريل من هذه السنة يصادف الذكرى التاسعة والخمسين لإنشاء مؤسستنا. وذلك ما دفعنا إلى نشر ذكريات حول تاريخ المدرسة في هذا العدد، سجّلها أحد من عرفوها عن كثب منذ الستينيات بحكم أنه كان طالبًا ومحاضرًا فيها، ومشرفًا على تسييرها.

أما مضمون هذا العدد، ونحن نحتفل باليوم الدولي للعدد 3.14 (14 مارس)، فكانت حصة الأسد فيه من نصيب الرياضيات حيث تناولنا مواضيع مختلفة المشارب. فجُلْنا بين راسم التكاملات وجزيرة الفرسان والخدم؛ وبين النسبة الذهبية في الرياضيات والمشتق الكسري الرتبة.

وفي علم الكيمياء يحدثنا أصحابها عن مطيافية العالم الهندي رامان Râman. ولما كان من بين قرّاء المجلة أساتذة لمادة التكنولوجيا في المرحلة المتوسطة، فقد أدرجنا مقالا يغوص في الأتْمَتَة (الآليّة) وتطبيقاتها. كما يجد القارئ المهتم بتصنيف العلوم الجزء الثاني من المقال الذي نشرنا جزءَه الأول ضمن العدد السابق من المجلة.

ما من شك أن مادتي التعليمية وتاريخ العلوم من المواد الأساسية للمدرّسين ولطلاب المدارس العليا للأساتذة. ومن هذا الباب تناول الزملاء تاريخ الرياضيات في الكتاب المدرسي الخاص بالمرحلة المتوسطة، واستعرضوا جوانب من التكوين الأولي لأساتذة الرياضيات في الجزائر والمغرب وكندا. وحلّلوا في موضوع آخر قضية الترقيات في سلك التعليم بوزارة التربية. ومن المقالات التي ارتأينا إدراجها في محور العلوم الطبيعية تقديم أبرز التطورات المعرفية في غزو الفضاء معتبرين النظام الشمسي نموذجا. وتبعت ذلك وجهة نظر من سلك المدرّسين حول المنهج التجريبي في علوم الطبيعة والحياة.

وفي ركن "شخصية العدد" سيتعرّف القارئ على الأستاذ إبراهيم لعليبي، الذي سيقدم لنا، ضمن أجوبته عن 10 أسئلة، بسْطَة ثرية بالمعلومات عن مهام وإنجازات المركز الوطني للوثائق التربوية الذي يشرف عليه. كما تمّ في ركن "عرض كتاب" تقديم مؤَلَّف نال شهرة عالمية واسعة يتناول موضوع الإدمان على استعمال الأدوات التي توفّرها التكنولوجيا اليوم.

أخيرا، لا يسع طاقم مجلَّة بشائر العلوم إلا أن يذكّر بما أشرنا إليه في عددنا السابق، وهو أن عَدّاد موقع المجلة سجّل خلال الفترة 8 أكتوبر-31 ديسمبر 2022 عدد تنزيلات المقالات الصادرة في المجلة الذي كان قد بلغ معدل 55 تنزيلا يوميًا. وللمقارنة نضيف اليوم أن نفس العدّاد سجّل أثناء المدة 1 جانفي-4مارس 2023 ما لا يقلّ عن 11276 تنزيلا، أي بمعدل 179 تنزيلا يوميا. ذلك ما يبيّن أن مقروئية المجلة تضاعفت 3 مرات من خريف 2022 إلى ربيع 2023. وما يثلج الصدر أيضا أن نصف كُتَّاب هذا العدد السادس هم زملاء من خارج المدرسة. وعليه فنحن متفائلون بمستقبل هذا الإصدار، وهو ما يدعونا إلى مزيد من الجهود في المدرسة لتطوير المجلة وأركانها حتى تعمّ فائدتها وتصل إلى جميع القراء المستهدفين.

نشكر مرتين الزملاء الذين أسهموا بنشر إنتاجهم في أعداد بشائر العلوم ... شكرَ من اجتهد وأصاب، ونهيب بالزملاء الآخرين -ممن جفّت أقلامهم- ألا يبخلوا بعلمهم وأن ينشروه صدقةً جاريةً، خيرْ لهم. وبالله التوفيق.

هيئة التحرير

طاقم المجلة

- **المشرف العام**

مديرة المدرسة : آيت محيوت لطيفة

- **هيئة التحرير**

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

مديرة التحرير: الأستاذة ليلى زيتوني (قسم الرياضيات)

- **الإشراف التقني :**

الأستاذ علي نصبة (قسم الإعلام الآلي)

المهندسة إيمان براهيمي

رياضيـــــات

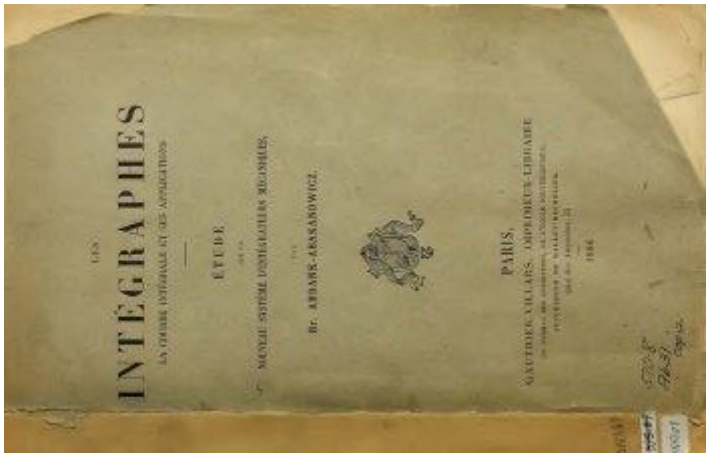
راسم التكامل لـ أبْدَنْكْ أباكانوڤيتش

حمزة خليف
أستاذ متقاعد
hkhelif@gmail.com

أشير أن هذا النص ترجمة (بتصرّف بسيط جدا) لمقال سبق نشره بالفرنسية هنا.

يستعمل النصّ الحروف العربية الإضافية الآتية:

پ (p)، ڤ (g)، ڥ (v)، ب (é، è، e،...)، ۏ (e، eu، œ)، ۋ (u).



من بين العديد من المرِبّعات التي يعرفها عالَم المنحنيات، أي المنحنيات المستوية التي تسمح بتربيع الدائرة، نجد مربِّعة أبْدَنْكْ أباكانوڤيتش التي يمكن رسمها باستخدام أداة تكامل وهي راسم التكامل لأبْدنْكْ أباكانوڤيتش، أو، لِمَ لا، رستكامل أبْدنْكْ أباكانوڤيتش.

1. ظهور المرِبّعات

يمكن أن يلاحظ قارئ أصول إقليدس أن جميع الإنشاءات الهندسية التي وردت في هذا الكتاب تمّت بواسطة المسطرة والبيكار. حتى قبل إقليدس كان علماء الرياضيات اليونانيون مهتمين بهاتين الأداتين. إن فكرة قابلية الإنشاء (التي ستعني، من الآن فصاعدًا، بواسطة المسطرة والبيكار) لعدد حقيقي أو مركّب بشكل عام، أدت إلى حقل الأعداد القابلة للإنشاء. ومع ذلك، ففي وقت مبكر من القرن الخامس قبل الميلاد، ظهرت مشكلات غير قابلة للحلّ باستخدام المسطرة والبيكار. أشهرها بالإجماع هي:

1- تربيع الدائرة، أي إنشاء (ضلع) مربّع له نفس مساحة قرص معيّن بواسطة المسطرة والبيكار.
2- مضاعفة المكعّب، أي إنشاء (حافة) مكعّب له حجم يساوي ضعف حجم مكعّب معيّن.
3- تثليث أو بالأحرى أثلثة زاوية، أي الإنشاء بالمسطرة والبيكار، لنصفي المستقيم اللذين يقسمان زاوية معيّنة إلى ثلاث زوايا من نفس القياس.

استحالة تربيع الدائرة، أي استحالة إنشاء قطعة طولها $\sqrt{\pi}$ (أو طولها π) بمعرفة العدد 1، تم إثباتها فقط في عام 1882 من طرف لِيندمان Lindemann (1).

بالنسبة إلى مضاعفة المكعّب التي تعود إلى الإنشاء، بالمسطرة والبيكار، لقطعةٍ طولها $\sqrt[3]{2}$ ، فقد تم تبيان أن هذا الإنشاء مستحيل أيضًا (2).

ولا يمكن أثلثة زاوية باستخدام المسطرة والبيكار إلا في حالات معيّنة (3).

أيّ منحنٍ يجعل حلّ مشكلة تربيع الدائرة ممكنا، بعبارة أخرى، أيّ منحن يشمل نقطة يساوي أحد إحداثيها π أو أحد مضاعفاته أو أحد مضاعفاته الجزئية، يسمى مربِّعة.

يُسنَد إلى هيبياس إيليس Hippias of Elis إدخال المنحني الأول في الرياضيات، والذي يأتي مباشرة بعد المستقيم والدائرة. بروكلوس Proclus ومعلّقون آخرون ينسبون إليه المنحني الذي يسمى منذ ذلك الحين، مُثْلِثة (منحن يسمح بأثلثة زاوية) أو مربِّعة هيبياس. في الحقيقة كان دينوستراتوس Dinostratus أولَ من لاحظ أن مثلثة هيبياس هي مربِّعة. حلّ شقيقُه مينايخموس Menaechmus مشكلة مضاعفة المكعّب.

2. سلف المربّعات: مربّعة هيبياس، المعروفة بمربّعة دينوستراتوس

نظرًا إلى أن هذا المنحني هو سلف المربّعات، فسيكون من العدل أن يحظى ولو بقليل من التشريف.

إن مربّعة دينوستراتوس هي مسار نقطة لها سرعةٌ زاوية ثابتة بالنسبة إلى نقطة ثابتة ومركّبةٌ لشعاع سرعتها ثابتة. إنها أيضًا مسار نقطةِ تلاقي مستقيم في انسحاب منتظم ومستقيم في دوران منتظم (الشكل 1).

معادلةٌ لهذا المنحني في الإحداثيات القطبية، عندما تكون النقطة الثابتة هي O والمركبة الثابتة لشعاع السرعة هي تلك المتعلقة بـ Ox هي

$$\rho = \frac{2a}{\pi}\frac{\theta}{\sin\theta}$$

حيث a عدد حقيقي غير منعدم.

في الإحداثيات الديكارتية هذا المنحني معرّف بالتوسيط

$$t \mapsto \left(\frac{2at}{\pi}\cot t, \frac{2at}{\pi}\right).$$

نلاحظ أنه إذا أخذنا بعين الاعتبار التوسيط المركّب $z(\theta) = a\frac{\theta}{\sin\theta}e^{i\theta}$ ،

فسيكون

$$\frac{z(\theta)+|z(\theta)|}{2} = z\left(\frac{\theta}{2}\right).$$

صورة المتتالية (u_n) المعرّفة بـ $u_0 = \rho_0 e^{i\theta_0}$ وبعلاقة التراجع $2u_{n+1} = u_n + |u_n|$ محتواة في المربّعة المعرّفة بـ

$$\rho = \rho_0 \frac{\sin\theta_0}{\theta_0}\frac{\theta}{\sin\theta}$$

ونهايتها هي

$$\rho = \rho_0 \frac{\sin\theta_0}{\theta_0}.$$

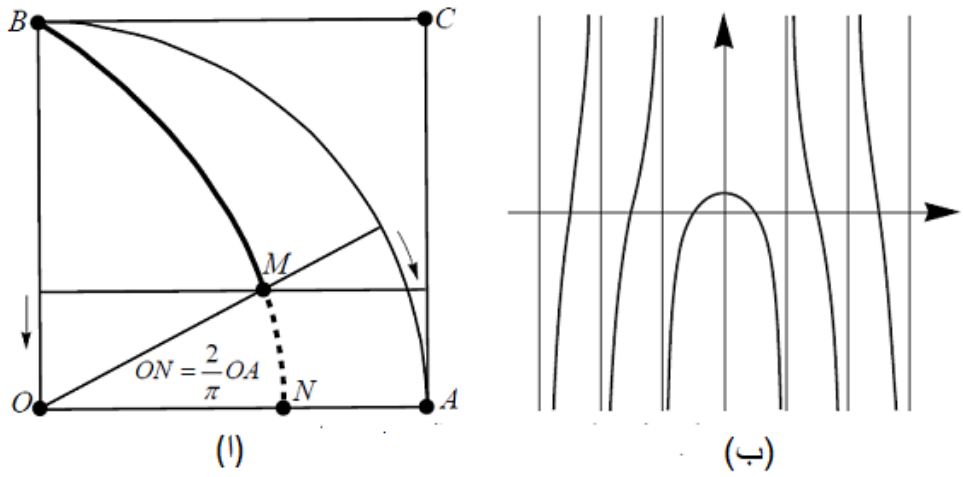
من أجل $a = 1$ لدينا

$$\lim_{t\to 0}(x(t), y(t)) = \left(\frac{2}{\pi}, 0\right),$$

ما يسمح بإنشاء القطعة التي طولها $\frac{\pi}{2}$ (4) ثم تربيع الدائرة (5).

تمّ اختراع هذا المنحني ليكون مثلِثةً كما هو موضّح أعلاه، ولكن لحسن حظ الهندسة، فقد أدّى أيضًا خدمةً لتربيع الدائرة، بل والأفضل من ذلك، أنه لعب دور الـn– مُقسّمةٍ لزاوية.

للحصول على تفاصيل أكثر يمكن العودة إلى هنا أو إلى هنا.



الشكل 1

(ا) مسار نقطة تلاقي BC (في حالة انسحاب) مع OB (في حالة دوران)

(ب) مربّعة دينوستراتوس بعد التحويل $(x, y) \mapsto (y, x)$.

3. لمحة على رواسم التكاملات

أسلاف رواسم التكامل هي المكامِلات الميكانيكية، وهي الأدوات التي يعود أصلها إلى بداية القرن التاسع عشر والتي تؤدّي، في ظل ظروف معيّنة وبوسائل ميكانيكية بحتة، جمع سلسلة غير منتهية من المقادير غير المنتهية في الصغر. يمكن أن تكون هذه الكميات عناصرَ مساحةِ سطحٍ يحده منحن، أو أيَّ كمية معقدة، أو عملا ميكانيكيا، أو حرارةً، أو طاقةً كهربائية، إلخ.

في كل هذه الأدوات، يقتصر دورها في البحث عن نتيجة مكامَلة و" تقريبا جميع" المشكلات التي تنشأ في العلوم التطبيقية يمكن اختزالها في حساب مساحة ما.

تنقسم أجهزة المكاملة هذه إلى مبدأين أساسيين يتوافقان مع مظهري التكامل؛ إما أن يُجريَ المرء تربيعًا، أي يقوم بتقويم مساحة المنطقة الواقعة أسفل منحن عن طريق تقسيمها إلى مجموع غير منته من الأشكال الأولية الصغيرة، أو أن يحلّ مشكلة عكسية للمُماسّات، أي أنه يُنشئ منحنيا يكون المعامل الموجّه لمماساته مُعطى. المكامِلات من النوع الأول، والتي تستخدم بشكل أساسي لقياس مساحة سطح يحده منحن مغلق، تسمى "مماسيح" (جمع مِمساح أي قائس مساحات). أما مكامِلات النوع الثاني، فيطلق عليا اسم رواسم التكامل أو الـ"رستكاملات" كونها تسمح برسم منحن تكاملي لمنحن معطًى بطريقة مستمرة.

إن رواسم التكاملات هي مكامِلات لا تقوم فقط بإجراء المجموع الكلي للعناصر، ولكنها تعطي أيضًا، في شكل رسم بياني لمنحن ليس شيئا آخر سوى منحن تكاملي، القانونَ الكامل الذي يحكم هذا التجميع. يمكنها مكاملةَ (حلّ) معادلات تفاضلية ابتدائية.

4. مربعة أبْدَنْكْ أباكانوڤيتش ورستكامله

تجدر الإشارة إلى أن عمل ليندمان حول تسامي العدد π أظهر أنه ليس فقط من المستحيل "إنشاء" هذا العدد باستخدام المسطرة والبيكار، ولكن أنه لا يوجد أيّ منحن من درجة أعلى، معرّفٍ بواسطة معادلة جبرية ذات معاملات صحيحة، بالنسبة إليه يكون π الترتيبَ المقابل لقيمة ناطقة للفاصلة. ويترتب على ذلك أن إنشاء π لا يمكن تنفيذه إلا بمساعدة منحن متسام، وللقيام بذلك يجب على المرء أن يستخدم، باستثناء المسطرة والبيكار، أداة "متسامية" ترسم المنحني بحركة مستمرة. أولى الأدوات من هذا القبيل هي راسم التكامل (الشكل 2) الذي اخترعه ووصفه المهندس أبْدَنْكْ أباكانوڤيتش Abdank-Abakanowicz وصمّمه كورادي من زيوريخ.

> Nous avons donné le nom d'*intégraphes* à ce nouveau genre d'intégrateurs, que nous croyons pouvoir affirmer avoir été les premiers à construire. B. Abdank-Abakanowicz.
>
> المرجع 1، ص. vi. (6)
>
> لقد أطلقنا اسم "الرستكاملات" على هذا النوع الجديد من المُكاملات، والذي نعتقد أنه يمكننا التأكيد على أننا أول من أنشأه. أبْدَنْكْ أباكانوڤيتش.

تتيح هذه الأداة إمكانية إنشاء منحن تكاملي تحدده المعادلة

$$Y = F(x) = \int_a^x f(t)dt$$

بمعرفة المنحني التفاضلي المحدد بالمعادلة

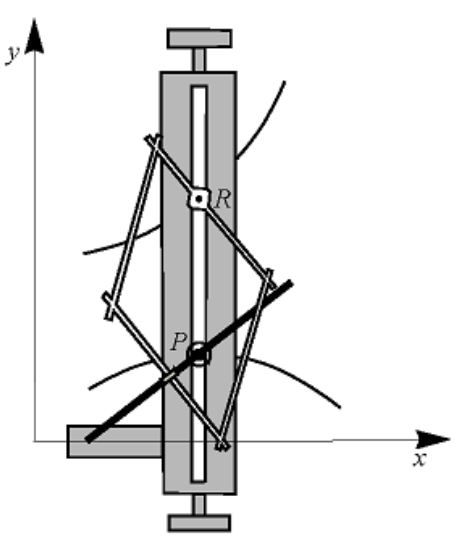
$$y = f(x).$$

عندما يتم تحريك الجهاز المفصلي الخاص برواسم التكاملات بحيث تمسح نقطة التوجيه P المنحني التفاضلي، فإن نقطة التتبع R تصف المنحني التكاملي (الشكل 3).

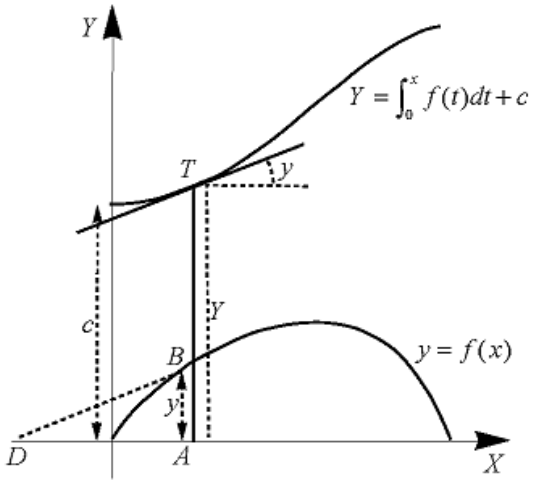
نصف بإيجاز أدناه المبدأ الرياضياتي الذي يعتمد عليه راسم التكاملات.

لنفترض أن B هي نقطة ما على المنحني المحدد بالمعادلة $y = f(x)$. نقوم بإنشاء المثلث القائم الذي رؤوسه $B(x,y)$، $A(x,0)$ و $D(x-1,0)$. ADB ظل الزاوية، أي معامل توجيه المستقيم (DB) يساوي y.

إذن (BD) يوازي مُماسَّ المنحني التكاملي في النقطة $T(X,Y)$ المقابلة للنقطة $B(x,y)$.



الشكل 2



الشكل 3

فيما يأتي وصف آخر لمبدأ عمل رستكامل أبْدَنْكْ أباكانوڤيتش بقلم موريس دوكانْيوّ، في كتابه *Calcul graphique et nomographie*, Paris : O. Doin ; 2ème éd. Revue et corrigée, 1914 ; 3ème éd., 1924. (راجع المرجع 4)

ينزلق كوس متحرك SmM على طول محور الفواصل Ox. يتم أخذ الجانب Sm كوَحدة للطول. على طول الجانب mM يمكن أن ينزلق:

1) مؤشر M، منخرط فضلا عن ذلك في مزلاق قضيب SM يدور بحرية حول S؛

2) المركز M_1 لدُحروجة R مضغوطة بشكل كافٍ على المستوى الأفقي الذي يرتكز عليه الجهاز.

يتم توصيل المحور A_1B_1 للدحروجة R بواسطة متوازي أضلاع مفصلي بقضيب AB عمودي على القضيب SM، بحيث يكون مستوي دوران الدحروجة موازيًا دائمًا لـ SM. عندما نتبع بالمؤشر M منحنيا معطى $\mathscr{C}$ معادلته $y = f(x)$، تغلّف الدحروجة R منحنيا $\mathscr{C}_1$ يظل مماسه موازيًا لـ SM في كل لحظة.

نظرًا إلى أن $Sm = 1$، فإن ميل هذا المماس ليس سوى الترتيب $mM = f(x)$ للمنحني $\mathscr{C}$. وبالتالي، فإننا نرسم منحنيا $\mathscr{C}_1$ يكون ميله يساوي باستمرار $f(x)$: هذا هو الرسم البياني لدالة أصلية لـ f (الشكل 4).

بشكل أكثر عمومية، يتيح راسم التكاملات لأبْدَنْكْ أباكانوڤيتش إمكانية إنشاء منحن (تكاملي) محدد بواسطة التمثيل الوسيطي

$$X = x(t), Y = \int_0^t y dx = \int_0^t y(u)x'(u)du$$

مرتبط بمنحن (تفاضلي) معطى محدد بواسطة التمثيل الوسيطي

$$X = x(t), Y = y(t).$$

لإنشاء π، أي لتربيع الدائرة، فإننا نعتبر (الشكل 5) المنحني التفاضلي (الدائرة) المحدد بواسطة المعادلة

$$x^2 + y^2 = r^2,$$

أو بطريقة مكافئة عن طريق التمثيل الوسيطي

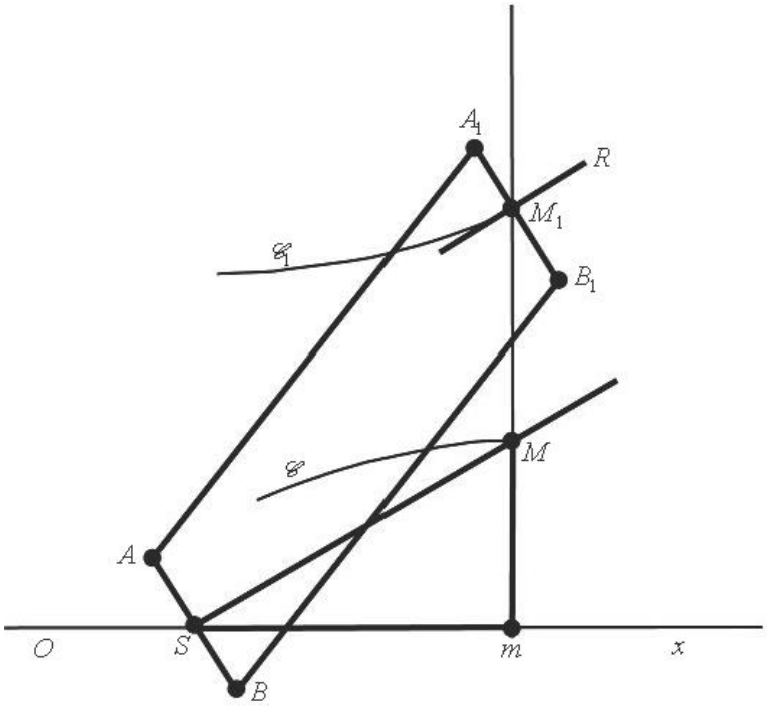
$$x(t) = r\sin t, y(t) = r\cos t$$

ومنحنيه التكاملي المحدد بالمعادلة

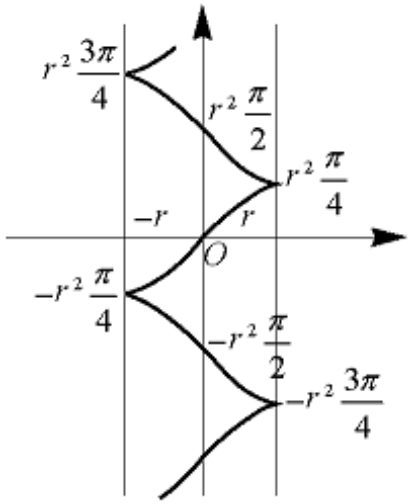
$$Y = \frac{r^2}{2}\arcsin\frac{x}{r} + \frac{x}{2}\sqrt{r^2 - x^2}.$$

أو بالتوسيط

$$x = r\sin t, y = \frac{r^2}{2}(t + \sin t\cos t).$$



الشكل 4



الشكل 5

بالنسبة إلى $r = 1$ ، يحتوي المنحني على النقط $(1, \pi/4)$ ، $(0, \pi/2)$ ، $(0, \pi)$ ، إلخ.، أي أنه يسمح بتربيع الدائرة. لذلك فهو مربّعة يطلق عليها اسم مربعة أبْدَنْكْ أباكانوپيتش أو تكامل دائرة.

مساحة الجزء المظلَّل من الشكل 6 تساوي HM.

لدينا بالفعل، $P(r\sin t, r\cos t)$، $M\left(r\sin t, \frac{r^2}{2}(t+\sin t\cos t)\right)$، وبافتراض $0<t<\frac{\pi}{2}$،

$$\tan(\overrightarrow{OH},\overrightarrow{OP})=\frac{\cos t}{\sin t}=\tan\left(\frac{\pi}{2}-t\right).$$

مساحة القطاع الدائري OPA هي

$$A_1=\frac{r^2 t}{2},$$

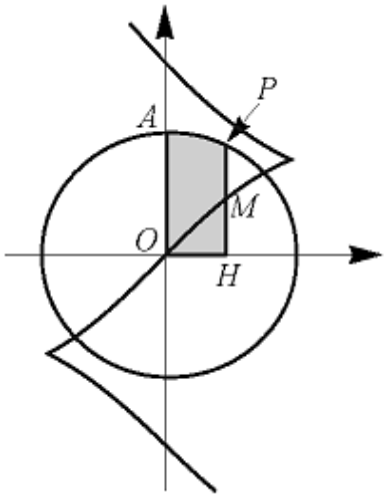
ومساحة البسيط (المثلث المملوء) OHP تساوي

$$A_2=\frac{r^2\sin t\cos t}{2}.$$

ومنه النتيجة المذكورة، أي

$$A_1+A_2=HM$$

التي تبقى صحيحة من أجل $t=0$.



الشكل 6

5. التعليقات

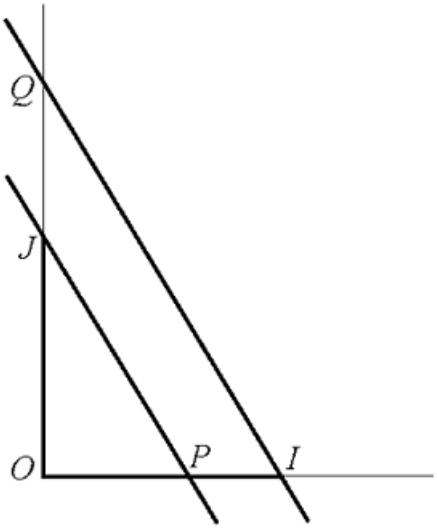
(1) العدد π متسام، أي غير جبري: لا يوجد كثير حدود ذو معاملات ناطقة يكون π صفرًا أي جذرا له. في عام 1873، أثبت هيرميت Hermite أن أساس اللوغاريتم الطبيعي، يعني العدد e، متسام. في عام 1882، عمّم ليندمان استدلاله إلى مبرهنة (مبرهنة هيرميت - ليندمان) وهي التي تنصّ على أنه إذا كان α جبريًا وليس منعدما، فإن العدد e^{α} متسام. لكن $e^{i\pi}$ ليس متساميا (لأنه يساوي $\cos\pi+i\sin\pi=-1$). بالعكس النقيض (العكس النقيض لعلاقة $p\Rightarrow q$ هو العلاقة $\overline{q}\Rightarrow\overline{p}$، ويمكن دون عناء تبيان أن هاتين العلاقتين متكافئتان)، $i\pi$ ليس جبريًا وبالتالي فإن π متسام، نظرا إلى أن i جبري ($i^2+1=0$). أخيرًا، وفقًا لمبرهنة فانتزل التي تثبت، على وجه الخصوص، أن أيَّ عدد يمكن إنشاؤه (باستخدام المسطرة والبيكار) هو عدد جبري، فإن π غير قابل للإنشاء.

(2) العدد $\sqrt[3]{2}$ غير قابل للإنشاء بموجب مبرهنة فانتزل، لأنّ درجته (ثلاثة) ليست قوة للعدد 2 على الرّغم من كونه جبريا (هو صفر لـ X^3-2).

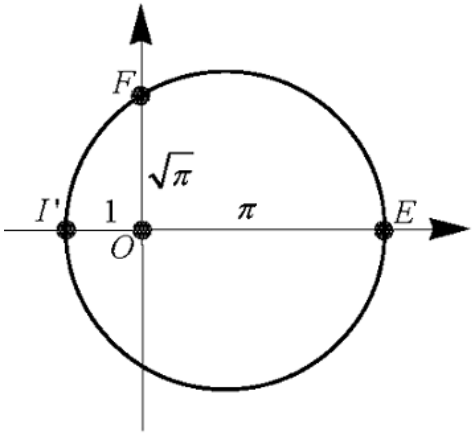
(3) الزوايا القابلة للأثلثة هي تلك التي يكون أحد قياساتها، وليكن α، بحيث يكون كثير الحدود $X^3-3X-2\cos\alpha$ غير قابل للاختزال (غير قابل للتحليل) على الحقل $\mathbf{Q}(\cos\alpha)$ المكوّن من كل الأعداد الحقيقية من الشكل $a+b\cos\alpha$ حيث a و b ينتميان إلى $\mathbf{Q}$.

(4) نعتبر في معلم متعامد ومتجانس النقط $I(1,0)$ و $J(0,1)$ و $P(2/\pi,0)$. المستقيم الموازي لـ (PJ) والذي يمر من I يلتقي محور التراتيب في Q بحيث $OQ/OJ=OI/OP$ وفقًا لطالِس (الشكل في الأسفل). ومنه

$$OQ=\frac{1}{OP}=\frac{\pi}{2}.$$



(5) نقوم بإنشاء دائرة قطرها $I'E$ حيث I' هي النقطة التي إحداثياها $(-1,0)$ و E النقطة التي إحداثياها $(\pi,0)$. تلتقي هذه الدائرة بمحور التراتيب في نقطة F ترتيبها موجب، ولدينا $OF=\sqrt{\pi}$ (الشيء الذي يأتي من حقيقة أن $OF^2=OI'.OE$ حسب خاصية الارتفاع المتعلق بالوتر في مثلث قائم، أو من قوة النقطة O بالنسبة إلى الدائرة.)، أيْ ضلع مربع مساحته هي مساحة قرص شعاعه (نصف قطره) 1 (الشكل في الأسفل).



(6) كان الرياضياتي الفرنسي ڤوستاڤ ڤاسپار كوريوليس أولَ من وصف في عام 1836 المبدأ الأساسيَّ الذي يستند إليه راسم التكامل الميكانيكي، في

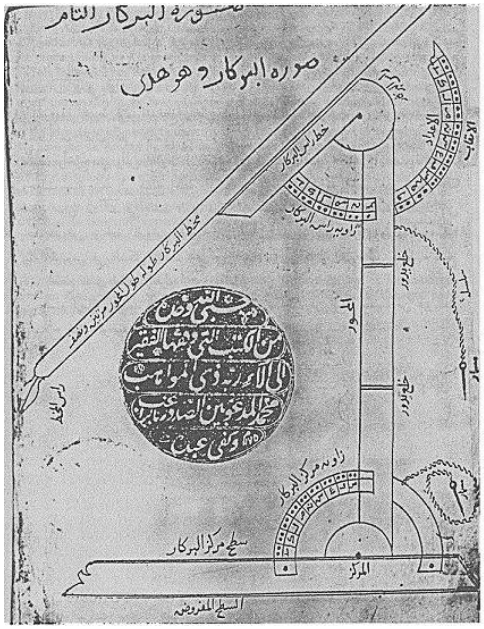
Le *Journal de Mathématiques Pures et Appliquées* ou le *Journal de Liouville*, Paris, 1836.

بعض المصطلحات المستعملة

أثلثة زاوية Trisection d'un angle	مثلثة Trisectrice
بُسَيّط Simplexe	مربّعة Quadratrice
تربيع الدائرة La quadrature du cercle	مضاعفة المكعّب La duplication du cube
رستكامل (راسم تكامل) Intégraphe	مكامل Intégrateur
متسام Transcendant	ممساح Planimètre

المراجع

1. Bruno Abdank-Abakanowicz, Les intégraphes. La courbe intégrale et ses applications, Gautier-Villars, 1886.
2. Felix Klein, Leçons sur certaines questions de Géométrie élémentaire. Rédaction française par J. Griess. Paris, Librairie Nony et Cie, 1896.
3. Henry Lossier, L'Intégraphe Abdank Abakanowicz, Bulletin Technique de la Suisse Romande, No. 10, 20 Novembre 1900, p. 81-83.
4. Dominique Tournès, Du compas aux intégraphes : Les instruments du calcul graphique, Reperes – Irem. N° 50 – Janvier 2003.



صفحة من كتاب الكوهي في البركار التام

منطق جزيرة الفرسان والخدم

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

تمهيد

يُعدّ الفيلسوف اليوناني أرسطو Aristotle أول من قدّم نظاما مُسلّماتيا للاستدلال، والذي أصبح سريعا منهاجا متّبعا فيما يعرف بالنُظم الفكرية الاستنباطية للوصول إلى الحقيقية. وفي هذا النوع من الفكر تُعتبر الحقيقة قرينة للبرهان، فالحق ما تمّ الوصول إليه باستخدام قواعد الاستدلال، لا غير. إن النشاط الذهني المُؤسِس للبراهين، والذي يُمارس بكثرة في إطار الفكر الاستنباطي، يدعى البرهنة provability.

وتمثل النظريات الرياضية mathematical theories أوضح النماذج للفكر الاستنباطي، والتي قدّم لها فريجه Frege في كتابه «Begriffschrift» الصادر في عام 1879، نظاما مُسلَّماتيا حديثا للبرهان. ولاحقا نُوقشت أنظمة أخرى للبرهنة في أعمال راسل Russell، وبخاصة في كتابه المشهور «مبادئ الرياضيات»، والذي ألّفه مشاركةً مع وايتهيد Whitehead خلال السنوات 1910-1913. وفي سنوات الثلاثينيات التالية، قدّم جينتزن Gentzen نُظمًا جديدة تماما للبرهنة متمثلة في نظم الاستنتاج الطبيعي والحساب التتابعي sequent calculus. وقد أغنت هذه النظم نظرية البراهين بأساليب بديعة في الاستدلال والاستنباط، الأمر الذي أحدث نشاطا متّقدا في عمليات البرهنة المختلفة. ولعل أبرز نجاح سريع لهذه النُظم تمثل في الإنجاز الذي قام به جينتزن، وهو إثباته في عام 1936 خلوّ النظرية الصورية للأعداد الطبيعية من التناقض. وكما هو معروف فقد أظهرت لنا مبرهنة عدم الاكتمال الثانية لغودل Gödel عجز تقنيات براهين هيلبرت Hilbert ذات الطابع المنتهي عن حسم هذه المسألة.

ويجب الإشارة إلى أنه يوجد فرق مهم بين نظرية البراهين ونظرية البرهان التي تم تأسيسها خلال النصف الأول من القرن العشرين؛ فالنظرية الأولى تُعنى بتطوير تقنيات البرهنة الرياضية، بينما تعنى الثانية بتطبيق هذه التقنيات في دراسة النظريات الرياضية المختلفة، وبالأخص تلك الصورية منها. وتُطرح غالبا في هذه النظرية الأسئلة التالية: هل النظرية الفلانية متّسقة (أي خالية من التناقض)؟ وهل هي كاملة؟ وإذا كانت كذلك، فهل مسلماتها الأساسية مستقلة منطقيا؟ وإذا كانت النظرية أ متسقة، فهل النظرية ب كذلك؟ وإذا كانت النظرية ت كاملة، فهل النظرية ث هي الأخرى كاملة؟ إلى آخر ذلك. ووفق هذا المنظور تُعدّ نظرية البرهان جزءا أساسيا من "ما وراء الرياضيات" أو ما يسمى باللغة الإنكليزية Metamathematics، وهو فرع الرياضيات الذي يُعنى بـ"صَوْرَنة" أو "شَكْلَنة" formalizing النظريات الرياضية.

عندما وضع إقليدس Euclid قبل ألفي عام مسلماته الشهيرة الخاصة بالهندسة المستوية، فإنه بذلك أنشأ تقليدا جديدا في ممارسة التفكير الرياضي، والذي أصبح يعرف منذ نهاية القرن التاسع عشر بالنهج الاستنباطي المُسلَّماتي. وبفضل جهود هيلبرت الذي كان متأثرا حتى النخاع بإقليدس، سادت الطرائق الاستنباطية المسلماتية في الوقت الحالي الرياضيات برمتها، الأمر الذي أدى إلى نشوء النظريات الرياضية ذات الطابع العمومي والمكوّنة للهيكل الرئيسي للرياضيات الحديثة. وتُنفّذ هذه الطرائق على النحو الآتي: يتم الاتفاق مبدئيا على صحة قضايا معينة، والتي تُدعى مسلَّمات، ثم يُعتمد على قواعد برهان يُتفق عليها أيضا هي الأخرى للوصول إلى الصيغ الصحيحة انطلاقا من

هذه المسلّمات. ويمثل الاستنتاج الطبيعي والحساب التتابعي والبرهان الرياضي الهيلبرتي في الوقت الحالي جوهر النهج الفكري المشار إليه آنفا.

فيما يلي نقدم في إطار اللغة العربية نظاما استنباطيا بسيطا وصلبا، وسنرى كيف أنه للحفاظ على اتساقه وعدم تناقضه، ينبغي علينا القبول بعدم اكتماله، الأمر الذي يتوافق تماما مع ما تخبرنا به مبرهنة عدم الاكتمال الأولى لغودل.

العربية ليست فقط لغة للشعر والأدب حيث تروج بضاعة المبالغة والخيال وربما الكذب الممزوج بالعاطفة، وإنما هي أيضا لغة أصيلة وراقية، وقادرة مثل غيرها على احتواء الفكر العقلاني الاستنباطي ووصف النظريات الرياضية الصورية الدقيقة.

1. وضع قواعد لفكر استنباطي منطقي

لنتخيل معا وجود جزيرة يقطنها صنفان من الناس هما "الفرسان" و"الخدم". ويفترض تحقق الشرطين التاليين "يصرح الفرسان دائما بالصدق" بينما "يصرح الخدم دائما بالكذب"، ولا يمكن لأي قاطن للجزيرة أن يحمل في آن واحد صفتي الفارس والخادم.

يزور الجزيرة عالِم منطق، والذي يشار إليه هنا باسم "المنطقي"، وسيتقيد بالقواعد الفكرية التالية: لا يصدّق سوى الجمل اللغوية الصحيحة نحويا والمعبّرة عن حقيقة واقعة في الجزيرة (فكر المنطقي صلب)؛ ولا يصدّق أبدا الجملة اللغوية ونقيضها (فكر المنطقي مُتسِّق)؛ ويستخدم في استدلالاته المنطقية كل المبادئ التوتولوجية المعتادة والمقبولة في جميع الحجج والمقاربات المنطقية؛ ولا يقبل بالحجج الحدسية لوحدها.

يصرّح أحد السكان للمنطقي بجملة لغوية سليمة نحويا، وهنا يُطرح سؤالان: هل الجملة المُصرَّح بها قابلة للتصديق من قبل المنطقي؟ وهل يمكن أن يعرف من خلالها صفة المصرّح؟

إن الاختصارات الرمزية، وهي الأسلوب الشائع في الرياضيات، تساعد كثيرا على إنجاز الاستدلالات المنطقية بسهولة ويسر، وعلى هذا الأساس سيعتمدها المنطقي في مقارباته على النحو الآتي:

$\mathcal{K}$، المُصرّح فارس؛

$\mathcal{S}$، المُصرّح خادم؛

$\mathcal{D}$، الجملة اللغوية المصرَّح بها.

استنادا إلى قواعد التفكير المتفق عليها آنفا يصدّق المنطقي بالجمل اللغوية:

$\mathcal{K} \vee \mathcal{S}$ ($\mathcal{K}$ أو $\mathcal{S}$)، المصرّح فارس أو خادم؛

$\neg(\mathcal{K} \wedge \mathcal{S})$ (النفي المنطقي للجملة $\mathcal{K} \wedge \mathcal{S}$ ($\mathcal{K}$ وَ $\mathcal{S}$))، لا يمكن أن يكون المصرّح فارسا وخادما في آن معا؛

$\mathcal{K} \Rightarrow \mathcal{D}$، إذا سُلِّم بأن المصرّح فارس، فإن الجملة $\mathcal{D}$ صادقة؛

$\mathcal{S} \Rightarrow \neg\mathcal{D}$، إذا سُلِّم بأن المصرّح خادم، فإن الجملة $\mathcal{D}$ كاذبة.

لنلفت الانتباه هنا إلى أن الرموز $\vee$ وَ$\wedge$ وَ$\neg$ مطابقة تماما على التوالي للكلمة "أو" ولواو العطف "وَ" و"لا" النافية، وبذلك فإنها تنتمي إلى اللغة العربية المجسّدة في أبجديتها وجميع جملها الصحيحة نحويا، وليس إلى لغة رياضية رمزية، وفائدتها تكمن لا أكثر ولا أقل في تحقيقها للاختصار المُعين على مزاولة الفكر المنطقي الاستنباطي.

وفقا للقواعد المتفق عليها فإن الجملتين التاليتين صادقتان:

$\mathcal{S} \Leftrightarrow \neg\mathcal{K}$، المُصرّح ليس فارسا إذا، وإذا فقط، كان خادما؛

$\mathcal{D} \Leftrightarrow \mathcal{K}$، إذا سُلِّم بأن المُصرّح فارس، فإن $\mathcal{D}$ صادقة، وبالعكس، إذا سُلِّم بصدق $\mathcal{D}$، فإن المصرّح بها فارس.

يعرف المنطقي أن الجملة اللغوية "أنا خادم" لا يمكن أن تصدر عن أحد من قاطني الجزيرة، بخلاف نقيضها، وهي الجملة اللغوية "أنا فارس"، والتي يحتمل صدورها عن أحد ما في الجزيرة، وإذا تحقق ذلك، فإنها تكون صادقة إذا صدرت عن فارس وكاذبة إذا صدرت عن خادم.

2. الجملة اللغوية المحدثة لكارثة في فكر المنطقي

لا يوجد من حيث المبدأ مانع من أن يصرّح أحد قاطني الجزيرة بالجملة اللغوية "لا يمكنك أن تصدّق أبدا بأني فارس"، وعلى هذا الأساس يمكننا الافتراض بأنها حقا جملتنا اللغوية $\mathcal{D}$، فماذا عسى المنطقي أن يتصرف حيالها؟

إذا سلّم مؤقتا بأن $\mathcal{D}$ كاذبة، أي إذا صدق مؤقتا بالجملة اللغوية "يمكنك أن تصدّق بأني فارس"، فإنه يصبح مجبرا على الإقرار بأن المصرح بها ليس فارسا، أي عليه أن يصدق بالجملة اللغوية $\neg\mathcal{K}$، وبالتالي فإن المنطقي "لا يمكنه أن يصدق أبدا بأن المصرح فارس"، الأمر الذي يعني أنه مجبر كذلك على التصديق بصحة $\mathcal{D}$، ومن هنا يصدق حتما بالجملة $\neg\mathcal{D} \Rightarrow \mathcal{D}$. وبما أنه يصدق بجميع المبادئ التوتولوجية، والتي تتضمن مبدأ الإثبات بفصل الحالات، فإن ذلك يدفعه حتما للتصديق بالجملة $\mathcal{D}$، وهذا معناه أنه لن يصدق أبدا بأن المُصرّح فارس. لكن لنلاحظ من ناحية ثانية أن صدق الجملة $\mathcal{D} \Leftrightarrow \mathcal{K}$ يخبرنا بصدق $\mathcal{K}$، أي بأن المصرّح فارس، فما الذي يحدث هنا؟

في الحقيقة لقد تم اختيار الجملة $\mathcal{D}$ بعناية فائقة لإحداث كارثة في فكر المنطقي، وعلينا الإقرار بما يلي: إذا تم التصريح بالجملة اللغوية "لا يمكنك أن تصدق أبدا بأني فارس" من قبل أحد قاطني الجزيرة، فإنه حتما فارس، بيد أن المنطقي ليس بمقدوره التصديق بذلك.

تنتمي الجملة اللغوية "لا يمكنك أن تصدق أبدا بأني فارس" بامتياز إلى الفكر ذاتي المرجعية، وذلك لكونها سلبت الصدق من الجملة اللغوية "أنا فارس". ولعل هذا المثال يكشف لنا عن بعض خطورة الفكر ذاتي المرجعية، والمنتشر كثيرا في المنطق اليومي للناس وفي الفلسفة والفكر والسياسة والأدب والشعر.

3. النقاط الصامدة المحدثة لكارثة في فكر المنطقي

لتكن $\mathcal{B}(\mathcal{P})$ هي الجملة اللغوية "المنطقي يصدق في لحظة ما بالجملة $\mathcal{P}$". وبالتالي فإن الجملة اللغوية $\neg\mathcal{B}(\mathcal{P})$، وهي نقيض الجملة السابقة، هي "المنطقي لن يصدق أبدا بالجملة $\mathcal{P}$"، وكحالة خاصة فإن الجملة $\neg\mathcal{B}(\mathcal{K})$ هي "المنطقي لن يصدق أبدا بأن المُصرّح فارس"، وهي عين الجملة اللغوية التي أحدثت كارثة في فكر المنطقي. وإذا افترِض بأن الجملة المصرح بها $\mathcal{D}$ هي $\neg\mathcal{B}(\mathcal{P})$، فإنه يكون لدينا $\mathcal{K} \Leftrightarrow \neg\mathcal{B}(\mathcal{P})$، وكحالة خاصة إذا كانت $\mathcal{D}$ مطابقة للجملة $\neg\mathcal{B}(\mathcal{K})$ فإن لدينا $\mathcal{K} \Leftrightarrow \neg\mathcal{B}(\mathcal{K})$، وهو ما يعني أن الجملة اللغوية $\mathcal{K}$ هي نقطة صامدة للدالة $\mathcal{P} \mapsto \neg\mathcal{B}(\mathcal{P})$.

في نظرية الكوارث الرياضية يُنظر إلى النقاط الحرجة والنقاط الصامدة على أنها كوارث من النوع الأول، ولعل المثال الذي تم إيراده سابقا يعطي تبريرا لهذه التسمية.

لتكن $\mathcal{P}$ جملة لغوية ما، ولنفرض بأن المنطقي يُسلِّم بصدق الجملة $\mathcal{P} \Rightarrow \neg\mathcal{B}(\mathcal{P})$. إذا سلّم مؤقتا بصدق $\mathcal{B}(\mathcal{P})$، فإنه يتحتم عليه أن يصدق في لحظة ما بالجملة $\mathcal{P}$، ومن ثمة بالجملة $\neg\mathcal{B}(\mathcal{P})$ (ينتج هذا عن التصديق بالجملة $\mathcal{P} \Rightarrow \neg\mathcal{B}(\mathcal{P})$ وعن قاعدة الاستنباط التوتولوجية "الصَّحْصَحَية" المسماة "القياس الاستثنائي" modus ponens). وبناء على هذا يصدق المنطقي بالجملة $\mathcal{B}(\mathcal{P}) \Rightarrow \neg\mathcal{B}(\mathcal{P})$. وبما أنه يصدق بمبدأ الإثبات بالحالات التوتولوجي، فإن ذلك يجبره على التصديق بالجملة $\neg\mathcal{B}(\mathcal{P})$، وهذا معناه أنه لن يصدق أبدا بالجملة $\mathcal{P}$. وفي هذه

الحالة لن يصدق المنطقي أبدا بالجملة $\mathcal{P} \Rightarrow \neg\mathcal{B}(\mathcal{P})$، لأنه إذا فعل ذلك، يصير مجبرا على التصديق بـ$\mathcal{P}$، الأمر الذي يناقض موقفه الفكري السابق من هذه الجملة.

والدرس المستخلص من كل ما سبق هو أنه ينبغي على المنطقي ألا يصدق أبدا بجمل لغوية من النوع

$$\mathcal{P} \Leftrightarrow \neg\mathcal{B}(\mathcal{P}).$$

فهل هذا كاف يا ترى لكيلا يقع مجددا في التناقض الفكري؟

4. سبيل النجاة: منطق قتل العدو حال العثور عليه

من بين الشروط التي وُضعت على فكر المنطقي التصديق بالجملة $\mathcal{K} \Rightarrow \mathcal{D}$، بيد أنه من ناحية ثانية ليس ملزما بتصديق الجملة $\mathcal{D} \Rightarrow \mathcal{K}$، علما بأنها صادقة في الواقع. في هذه الحالة نقول إن فكر المنطقي ليس كاملا، أي أن المنطقي ليس قادرا على الإقرار بصدق كل ما هو صحيح في أرض الواقع. وعلى هذا الأساس نعيد التأكيد على أنه إذا كانت الجملة المصرح بها $\mathcal{D}$ هي "لا يمكنك أن تصدق أبدا بأني فارس"، فإن:

- المُصرّح فارس؛
- المنطقي لن يصدق أبدا بأن المُصرّح فارس؛
- المنطقي لن يصدق أبدا بأن المُصرّح خادم لأن ذلك غير صحيح في الواقع.
- وهكذا نلاحظ هنا بأن الجملة $\mathcal{K}$ غير قابلة للبتّ undecidable في هذه الحالة من قبل المنطقي على الرغم من صدقها في الواقع.

لنشر بالرمز "$\mathfrak{Contr}$" إلى مجموعة كل الجمل اللغوية المسببة للكوارث على صعيد فكر المنطقي مثل حال الجملة المشار إليها آنفا. والسؤال المطروح هو هل بمقدور المنطقي أن يعرف مسبقا جميع عناصر هذه المجموعة؟ إذا هو نجح في هذا المسعى، فإنه يصبح قادرا على إضافة قاعدة جديدة إلى قائمة قواعد فكره، وهي "لا ينبغي التصريح بجملة لغوية من القائمة $\mathfrak{Contr}$"، وبذلك يصير فكره مكتملا وغير متناقض. بيد أنه ولأسباب وجيهة تتجاوز مقاصد هذا النص لا يمكن للمنطقي أن يعرف جميع عناصر $\mathfrak{Contr}$ حتى ولو عدّل في قواعد فكره، وهذا يُعبرَّ عنه بالقول "إن فكر المنطقي غير قابل للاكتمال". فما هو الحل المتاح للمنطقي للتعامل مع مسألة التناقض؟

الحل العملي المتاح أمامه هو الإستراتيجية المعهودة والقديمة قدم الفكر الاستنباطي ذاته، ألا وهي "إستراتيجية قتل العدو حال العثور عليه"، أي عند اكتشاف تناقض ما في الفكر تحذف منه في الحال جميع الفرضيات الواضحة والمؤدية إلى هذا التناقض. ويتجسد هذا السلوك المنطقي في حقيقة الأمر في المبدأين التوتولوجيين الشهيرين والمصاغين بطريقة رمزية جميلة:

$$\frac{\Gamma, \neg\mathcal{P} \vdash \mathcal{Q} \wedge \neg\mathcal{Q}}{\Gamma \vdash \mathcal{P}} \text{ (مبدأ البرهان بالتناقض)},$$
$$\frac{\Gamma, \mathcal{P} \vdash \mathcal{Q} \wedge \neg\mathcal{Q}}{\Gamma \vdash \neg\mathcal{P}} \text{ (مبدأ إثبات النفي بالتناقض)}.$$

وما يجب الإشارة إليه هنا هو أن المبادئ التوتولوجية تستخدم دائما وأبدا في جميع فروع الرياضيات بلا استثناء، بل وتستخدم كذلك في جميع النظم الفكرية الاستنباطية، وحتى في المنطق اليومي للبشر.

5. المبدأ النظري للذكاء الاصطناعي

يحظى الذكاء الاصطناعي في الوقت الحالي باهتمام كبير من قبل مجتمع التكنولوجيا العالمي لأنه مرجح له في سنوات قليلة قادمة أن يُحدث نقلة نوعية شاملة في حياة البشر، مؤسسا بذلك أوضاعا اقتصادية واجتماعية وسياسية وحتى أخلاقية جديدة، وملقيا بأخرى في المياه الباردة للفناء. وفي الحقيقة تُعدّ الحواسيب المستخدمة حاليا على نطاق واسع، الطلائع الأولى لأجهزة الذكاء الاصطناعي، ولقد أمكن تطويرها كما هو معروف تاريخيا انطلاقا من سخاء وكرم الدراسات الثورية في المنطق الرياضي والحوسبة الرياضية التي جرت خلال عقدي العشرينيات والثلاثينيات من القرن العشرين. ويؤكد هذا مرة أخرى الريادة الحقيقية التي تمتلكها الرياضيات في تطوير المعارف البشرية.

إن آلات الذكاء الاصطناعي المقدّر لها إنجاز علميات ذهنية وحسابية معيّنة هي تلك الآلات القابلة للبرمجة بواسطة برامج حاوية على نُظم استنباطية. وما هي النُظم الاستنباطية؟ هي نظريات فكرية تحوي ركنين اثنين:

- مجموعة مسلمات أولية تمثل المبادئ الأولى للفكر المراد إنشاؤه؛
- مجموعة قواعد للاستنباط والبرهنة الفكرية.

وفي الحقيقة يتفق خبراء الذكاء الآلي النظري على المبدأ التالي "إن النُظم الفكرية الاستنباطية (النظريات الفكرية الاستنباطية) هي التي تسيّر ذاكرات الآلات الذكية". من هنا ندرك أهمية دراسة هذا النوع من النظم لتطوير ميدان الذكاء الاصطناعي.

مراجع

[1] Church, A., Introduction to Mathematical Logic, Princeton University Press, 1956.
[2] Kleen, S.C., Introduction to Metamathematics, D. Van Nostrand Company, Inc., New York, 1952.
[3] Manin, Y.I., A Course in Mathematical Logic for Mathematicians, Springer, New York, 2010.
[4] Smullyan, R.M., Theory of Formal Systems, Princeton University Press, 1961.
[5] Tourlakis, G., Lectures in Logic and Set Theory, Volume 1: Mathematical Logic, Cambridge University Press, New York, 2003.

عالم المنطق كورت غودل Kurt Gödel (1906-1978)

النسبة الذهبية (2)

النسبة الذهبية والرياضيات

زهية مصطفاوي[1]، مريم عاشور[2]، كريمة قرماط[2]
[1]أستاذة بقسم الرياضيات، المدرسة العليا للأساتذة، القبة
[2]طالبة متخرجة بقسم الرياضيات، المدرسة العليا للأساتذة، القبة
zahia.mostefaoui@g.ens-kouba.dz

1. نبذة تاريخية عن فيبوناتشي

وُلد الرياضياتي الإيطالي ليوناردو بيزانو، المعروف بفيبوناتشي Fibonacci، في سنة 1170م بمدينة بيزا الإيطالية، وتوفي بها سنة 1250م. تلقى فيبوناتشي تعليمه في مدينة بجاية الجزائرية، عندما كان أبوه جيلييلمو Guilielmo يعمل في وظيفة دبلوماسية كممثل لتجار جمهورية بيزا. وقد سمحت له مهنة أبيه بالتجوال بين مدن البحر الأبيض المتوسط، تلميذا في البداية، ثم بعد ذلك في مهمات تجارية في كل من مصر، وسوريا، واليونان، وصقلية.

عاد فيبوناتشي سنة 1200م إلى وطنه، وهناك ألّف كتبه الأربعة:

- Liber abaci؛
- Practica geometriae؛
- Liber quadratorum؛
- Flos،

وهي كتب قيّمة، كان أهمها بالنسبة لموضوع هذا المقال هو كتاب ليبر أباتشي Liber abaci، حيث يتضح في هذا الكتاب تأثُر فيبوناتشي بالثقافة العربية. فقد كتب الكثير من الأعداد من اليمين إلى اليسار على عادة العرب في الكتابة. يقول فيبوناتشي في هذا الكتاب إنه تعلّم ولأول مرة الأرقام العربية من خلال مدرسين متميزين يملكون معرفة كبيرة بهذا الفن، وهو الأمر الذي أسعده وجعله شغوفا بالرياضيات، ووجد فيها سعادته أكثر من أي شيء آخر.

في الفصل الأول من هذا الكتاب، قدّم فيبوناتشي الأرقام الهندية (العربية) والنظام العشري، والذي عُرف باسم algorism. ومن المؤكد أن الكثير من القضايا والمسائل التي ناقشها فيبوناتشي في هذا الفصل كانت مشابهة لتلك التي عُرضت في المصادر العربية.

يبدأ فيبوناتشي الفصل الأول من الكتاب بوصف الأرقام الهندية (العربية) التسعة: 1، 2، 3، 4، 5، 6، 7، 8، 9، بالإضافة إلى الرمز 0، الصفر، والذي سمّاه zephirum. وتظهر أهمية نظام العد العشري عند مقارنته بطريقة العد الرومانية المستخدمة في أوروبا آنذاك.

في الفصل الثاني من الكتاب، ناقش فيبوناتشي الكثير من المسائل التي كانت تهمّ تجار بيزا، مثل أسعار البضائع، وطريقة حساب أرباح العمليات التجارية، وكيفية تحويل العملة المستخدمة في دول البحر المتوسط.

وفي الفصل الثالث، قام فيبوناتشي بحل الكثير من المسائل الرياضية، إلا أن أشهرها مسألةٌ كانت السبيل إلى اكتشاف ما أصبح يسمّى فيما بعد بمتتالية فيبوناتشي، وهي السبب في شهرة فيبوناتشي لدى الكثيرين.

2. متتالية فيبوناتشي

1.2. تجربة الأرانب

تجدر الإشارة إلى دور الإمبراطور فريدريك الثاني Frederick II، ملك صقلية، في تشجيع العلم والمعرفة. أثناء فترة حكم فريدريك الثاني عُرضت المسألة الشهيرة التي كانت السبب في اكتشاف أعداد فيبوناتشي، ومن ثمّ نُسبت إليه. وكان نص المسألة كالآتي:

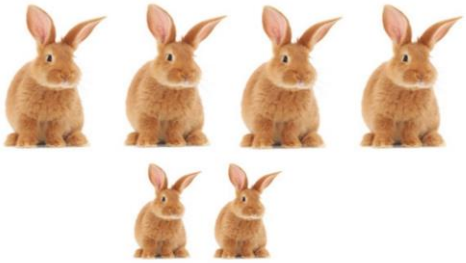
"لو أن رجلا قام بوضع زوجٍ من الأرانب (ذكر وأنثى) في مكان محاط بجدار من كل الجوانب، فكم زوجًا من الأرانب يمكن أن ينتج من هذين الزوجين في السنة؟ بافتراض أن كل زوج من الأرانب ينتج زوجا آخر فقط في كل شهر، وبافتراض أن إنتاج كل زوج يبدأ من الشهر الثاني، وبافتراض أنه لن يموت أي زوج من الأرانب طوال هذه المدة".

بدأ فيبوناتشي بزوج من الأرانب الصغيرة والخيالية، أرنبين صغيرين ذكر وأنثى.

نما كلا الأرنبين بشكل كامل بعد شهر واحد.

في الشهر الثالث وُلد أرنبان صغيران، ومن جديد كانا ذكرا وأنثى.

في الشهر الرابع، نمت هذه الأرانب وبلغت، وحصل الزوج الأول على أرنبين آخرين ومن جديد ذكر وأنثى.



في الشهر الخامس، أنجب الزوجان البالغان من الأرانب زوجا من صغار الأرانب، ونضج الزوج الثالث. أدرك فيبوناتشي أن عدد الأزواج البالغة خلال شهر ما هو إلا العدد الإجمالي للأرانب البالغة والصغيرة في الشهر السابق. وبالإشارة إلى عدد الأزواج البالغة بـ A_n في الشهر n، وبـ F_n لعدد الأزواج الإجمالي في الشهر n، نجد

$$A_n = F_{n-1}.$$

أدرك فيبوناتشي أيضا أن عدد الأزواج الصغيرة في شهر ما يساوي عدد الأزواج البالغة في الشهر السابق، وبالإشارة إلى عدد الأزواج الصغيرة خلال الشهر n بالرمز B_n، نجد أن

$$B_n = A_{n-1} = F_{n-2}.$$

لذلك فإن عدد أزواج الأرانب الإجمالي (البالغة + الصغيرة) في شهر معين هو مجموع العدد الإجمالي لأزواج الأرانب في الشهرين السابقين

$$F_n = A_n + B_n.$$

أي

$$F_n = F_{n-1} + F_{n-2}.$$

وعند البدء بزوج وحيد فإن المتتالية التي نحصل عليها هي

$$1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89, \ldots$$

إذن يمكننا الآن معرفة عدد أزواج الأرانب بعد سنة أي 12 شهرا، وذلك بجمع عدد الأزواج في الشهرين 10 و11.

$$F_{12} = F_{11} + F_{10} = 55 + 89 = 144.$$

2. 2. تعريف متتالية فيبوناتشي

إن متتالية فيبوناتشي هي متتالية أعداد طبيعية، حيث كل حدّ من حدودها عبارة عن مجموع الحدّين السابقين، تبدأ عموما بـ 0 و 1(لكن في بعض الأحيان يُبدأ بالعددين 1 و 1) .

العلاقة التراجعية

إذا رمزنا لهذه المتتالية بـ $(F_n)_{n\in\mathbb{N}}$، فإنها معرفة بالعلاقة التراجعية التالية

$$F_n = F_{n-1} + F_{n-2}$$

مع $F_0 = 0$ و $F_1 = 1$.

وهي عبارة عن متتالية تراجعية متزايدة، ومتزايدة تماما من أجل $n \geq 2$.

تدعى السلسلة 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, … بسلسلة فيبوناتشي أو أعداد فيبوناتشي.

يمكن للسلسلة أن تمتد لمؤشر سلبي بالصيغة التالية

$$F_{-n} = (-1)^{n+1}F_n\,, \qquad n \geq 1.$$

فتصبح السلسلة

$$\{\ldots, -8, 5, -3, 2, -1, 1, 0, 1, 1, 2, 3, 5, 8, \ldots\}$$

نلاحظ من خلال الحدود الأولى أنه:

- من أجل n زوجي لدينا

$$F_{-n} = -F_n\,.$$

- من أجل n فردي لدينا

$$F_{-n} = F_n.$$

النهاية

إن متتالية فيبوناتشي هي متتالية متباعدة لكنها تتميز بخاصية مهمة ألا وهي: المتتالية المشكلة من نسبة حدين متتابعين $\left(\frac{F_{n+1}}{F_n}\right)$ متقاربة ونهايتها هي النسبة الذهبية، أي أن

$$\lim_{n\to+\infty} \frac{F_{n+1}}{F_n} = \phi = \frac{1+\sqrt{5}}{2}.$$

الصيغة العامة

الصيغة العامة لمتتالية فيبوناتشي هي

$$F_n = \frac{1}{\sqrt{5}}(\phi^n - \bar{\phi}^n)$$

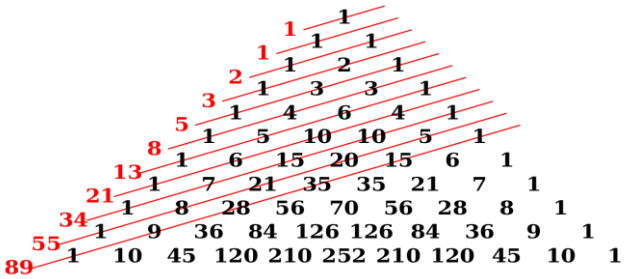
حيث

$$\bar{\phi} = \frac{1-\sqrt{5}}{2}.$$

تسمى هذه الصيغة بصيغة بينيه نسبة إلى الرياضياتي الفرنسي جاك فيليب ماري بينيه Jacques Philippe Marie Binet (1786-1856) الذي اكتشفها في منتصف القرن التاسع عشر.

3.2. متتالية فيبوناتشي ومثلث باسكال

إذا دفعت الأعداد التي تظهر في مثلث باسكال نحو خط أفقي يمينا، فإن الخطوط المائلة الحمراء التي تظهر جانبا، تمر عبر أعداد معينة، تتميز بإعطاء مجموع يساوي حدود متتالية فيبوناتشي.



3. النسبة الذهبية في الجبر

النسبة الذهبية هي العدد الوحيد الذي يحقق الخواص التالية:

- النسبة الذهبية هي الحل الوحيد الموجب للمعادلة

$$x^2 - x - 1 = 0.$$

- **خاصية الكسور المتتالية**

إن النسبة الذهبية هي العدد الموجب الوحيد الذي إذا أنقصنا منه 1 نحصل على مقلوبه أي

$$\phi - 1 = \frac{1}{\phi}.$$

وهذا يكافئ $\phi = 1 + \frac{1}{\phi}$.

إذن الصيغة الكسرية المستمرة لـ ϕ تُكتب على الشكل التالي

$$\Phi = 1 + \cfrac{1}{1 + \cfrac{1}{1 + \cfrac{1}{1 + \cfrac{1}{1+\ddots}}}}.$$

- **خاصية الجذور المتتالية**

إن النسبة الذهبية تحقق ما يلي $\phi + 1 = \phi^2$، أي إذا أضفنا 1 إلى النسبة الذهبية نحصل على مربعها، وهي العدد الموجب الوحيد الذي يحقق ذلك.

وبإدخال الجذر التربيعي نحصل على

$$\phi = \sqrt{1+\phi}.$$

إذن الصيغة الجذرية التربيعية المتواصلة لـ ϕ تُكتب على الشكل التالي

$$\phi = \sqrt{1+\sqrt{1+\sqrt{1+\sqrt{1+\sqrt{1+\sqrt{1+\cdots}}}}}}.$$

4. النسبة الذهبية في الهندسة

4.1. المستطيل الذهبي

المستطيل الذهبي هو كل مستطيل تكون النسبة بين طوله وعرضه تساوي ϕ "النسبة الذهبية". ونكتب اختصارا المستطيل الذهبي يحقق: الطول/ العرض= ϕ.

ومن خصائصه أنه إذا تم إزالة جزء ذي شكل مربع فإن الجزء المتبقي يكون أيضا مستطيلا ذهبيا. ومن أشهر المستطيلات الذهبية نجد المستطيل الذهبي الكلاسيكي حيث طولا ضلعيه 1 و ϕ. يتصف هذا المستطيل بخواص مدهشة لما له من تأثير على الحس الجمالي عند الإنسان، ويعدّ قاعدة العمارة الأولى عند القدماء، فقد وُجد في أبنية عديدة في الحضارات القديمة.

كما بيّنت الإحصائيات أن عرض مجموعة مختلفة من المستطيلات من بينها المستطيل الذهبي على أشخاص، يؤدي في غالب الأحيان إلى اختياره كأجمل المستطيلات وأكثرها تناسقا. ولو أمعنا النظر في حياتنا اليومية، سنلاحظ أننا نختار شكلا قريبا من المستطيل الذهبي في مختلف المواد المستعملة المستطيلة الشكل التي نتعامل معها. فكتبنا ودفاترنا وحتى قطع السكر أو الطوابع البريدية أو أوراق اللعب وبطاقات الفيزا والائتمان، كلها تتضمن نسبا قريبة من النسبة الذهبية.

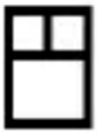
أولى الفنان والعالم الإيطالي ليوناردو دافنتشي Leonardo da Vinci (1452-1519) هذا المستطيل أهمية خاصة، واعتمد عليه في رسم الكثير من لوحاته. فمثلا، لو قمنا بقياس طول وعرض لوحة الموناليزا سنحصل على النسبة الذهبية.

الشكل 1. لوحة الموناليزا

- **طريقة إنشاء المستطيل الذهبي**

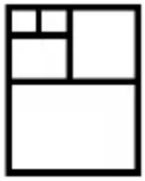
1. نقوم بإنشاء مربع وليكن طول ضلعه 1 ونرسم مربعا آخر بجانبه.

2. ثم نقوم بإنشاء مربع طول ضلعه 2.

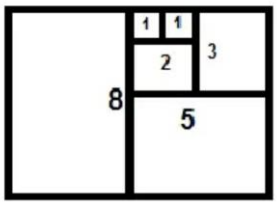


3. ونقوم بعدها بإنشاء مربع على جانبه، طول ضلعه 3.

4. نعود لنقوم بإنشاء مربع آخر، فيكون طول ضلعه 5.



5. ونكرر العملية على الجانب.



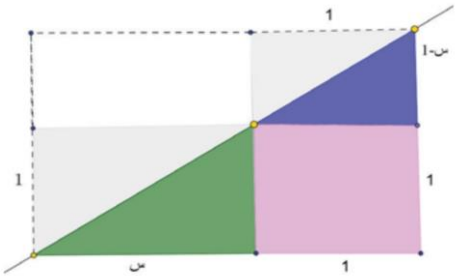
ناتج قسمة طول المستطيل، وهو 13، على عرضه، وهو 8 ، يساوي ϕ تقريبا، وكلما كررنا العملية اقتربت نسبة طول المستطيل الناتج على عرضه إلى النسبة الذهبية. كما نلاحظ أن المربعات التي يتألف منها هذا المستطيل الذهبي تحمل قياسات متطابقة مع حدود متتالية فيبوناتشي.

يمكن التأكد من ذهبية مستطيل ما بوضعه أفقيا ثم عموديا كما هو موضح في الشكل 2. فإذا مرّ قطر الأول برأس المستطيل الآخر فهو إذن مستطيل ذهبي.

إذا كان بعدا المستطيل المُراد التأكد من ذهبيته 1 و x، فإن نصف المساحة الكلية للمستطيل الكبير (انظر الشكل 2) هي $\frac{x(x+1)}{2}$. وهي تساوي مجموع مساحة المثلث الكبير $\frac{x}{2}$ (الأخضر) ومساحة المربع 1(الزهري) ومساحة المثلث الصغير $\frac{x-1}{2}$ (الأزرق). وبالتالي نحصل على

$$\frac{x(x+1)}{2} = \frac{x}{2} + 1 + \frac{x-1}{2}.$$

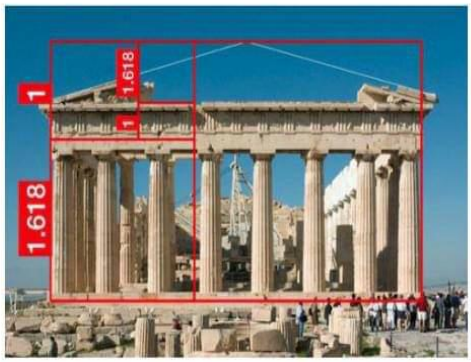
أي أن x يحقق المعادلة $x^2 - x - 1 = 0$ مما يعني أن $x = \phi$.



الشكل 2. طريقة التأكد من ذهبية المستطيل

- **فيثاغورس والمستطيل الذهبي**

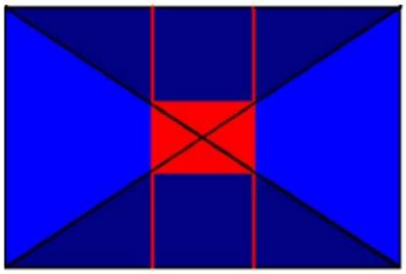
يُعتقد أن فيثاغورس Pythagoras (570-490 ق.م.) أجرى العديد من الدراسات والأبحاث في علوم الطبيعة لدراسة معايير الجمال وعلاقات النسب في الطبيعة، وتوصل إلى ما يُعرف بالمستطيل الذهبي. ويبدو أن اليونانيين انتهوا إلى أن هذا المستطيل مريح بصريا، ويشكل أحد أهم معايير الجمال في الطبيعة. لذا فقد اعتمدوا هذا المستطيل الذهبي في عمرانهم مثل مبنى البارثينون الشهير.



الشكل 3. مبنى البارثينون

- **المستطيل الذهبي وفن التصوير**

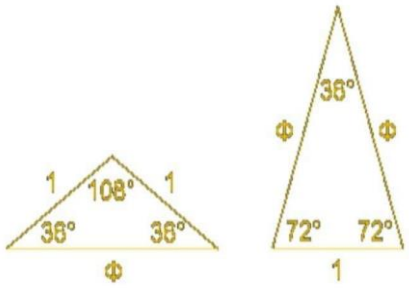
عندما تنظر إلى صورة فوتوغرافية مستطيلة الشكل فإن نظرك يتجه آليا نحو حيز في الوسط يشكل منطقة قوة الصورة (الحيز الأحمر). حيث يمكن رسم مستطيلين ذهبيين طول كل واحد منهما يساوي عرض الصورة، تحدد نقطة تقاطع قطري الصورة مع المستقيمين الأحمرين (اللذين يحددان بدورهما عرض المستطيلين الذهبيين) حيز منطقة قوة الصورة. والشكل التالي يوضح ذلك.



الشكل 4. المستطيل الذهبي وفن التصوير

2.4. المثلث الذهبي

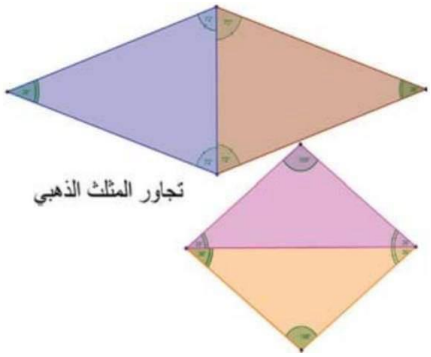
المثلث الذهبي هو إما مثلث متساوي الساقين يكون فيه قيس زاوية الرأس يساوي°36. فقيسا زاويتي القاعدة يساويان °72، ونسبة طول الضلع الطويل إلى الضلع الصغير (القاعدة) يساوي النسبة الذهبية ϕ، أو مثلث متساوي الساقين يكون فيه قيس زاوية الرأس يساوي°108، وبالتالي قيسا زاويتي القاعدة يساويان°36 ، وتبقى النسبة بين الضلع الكبير والصغير ثابتة وتساوي ϕ ، كما هو مبين في الشكل 5.



الشكل 5. المثلث الذهبي

- **المثلث الذهبي والمعين الذهبي**

بمجاورة مثلثين ذهبيين نحصل على شكل المعين، أي عندما نلصق قاعدتي مثلثين ذهبيين فإنه يظهر ما يسمى بالمعين الذهبي، والذي كثيرا ما يستخدم في الزخرفة الإسلامية، وتكون فيه نسبة طول أي ضلع إلى طول خط التناظر تساوي النسبة الذهبية

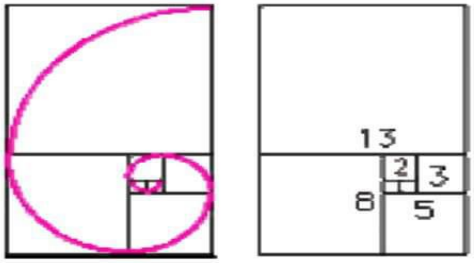


الشكل 6. المعين الذهبي

3.4. اللولب الذهبي

يمكن تشكيل اللولب الذهبي أو لولب فاي، من خلال رسم ربع دائرة داخل كل مربع من المربعات التي يتألف منها المستطيل الذهبي، كما هو موضح في الشكل 7. وبطريقة حسابية يمكننا الحصول على لولب فيبوناتشي من خلال حساب مجموع مربعات حدود متتالية فيبوناتشي، نجدها مساوية لآخر حد مضروب في الحد الذي يليه. نتائج هذه الخاصية هي ما يعرف بدوامة فيبوناتشي.

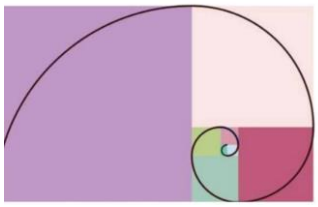
$$1^2 + 1^2 + 2^2 + \cdots + {F_n}^2 = F_n \times F_{n+1}$$
$$1^2 + 1^2 + 2^2 + 3^2 + 5^2 + 8^2 = 8 \times 13.$$



الشكل 7. اللولب الذهبي

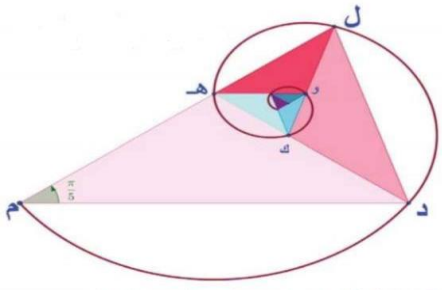
- **طريقة الحصول على لولب ذهبي**

1. الحصول على اللولب الذهبي بالاعتماد على المستطيل الذهبي، كما هو موضح في الشكل الموالي.



الشكل 8. الحصول على اللولب الذهبي بالاعتماد على المستطيل الذهبي

2. الحصول على اللولب الذهبي بالاعتماد على المثلث الذهبي، كما هو موضح في الشكل الموالي.



الشكل 9. الحصول على اللولب الذهبي بالاعتماد على المثلث الذهبي

الشيء الذي يحدد اللولب الذهبي بغض النظر عن اللوالب الأخرى هو كون منحاه يبقى هو ذاته بالضبط، مهما صغّرنا أو كبّرنا شكل قوس اللولب على المثلث أو على المستطيل، فإننا نحصل دائما على نسخة طبق الأصل على كل مستطيل ذهبي أو مثلث ذهبي. بمعنى آخر سنرى صورة مكبرة أو مصغرة فقط لكل ما نراه.

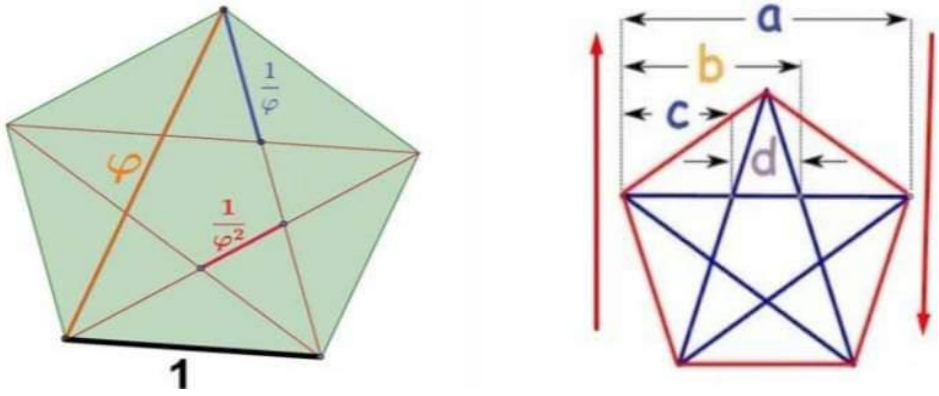
- **اللولب الذهبي وفن التصوير**

إن تحقيق الاتزان بالنسب الذهبية بواسطة الشكل المنحني الحلزوني يتطلب مهارة وتدريبا من المصور، ويمكنه الاستعانة بالخطوط الطولية والعرضية بشاشة محدد الرؤية. وإليك نماذج من بعض الصور الإعلامية التي يتحقق فيها اللولب الذهبي.

الشكل 10. اللولب الذهبي وفن التصوير

3.4. النجمة الخماسية وخماسي الأضلاع

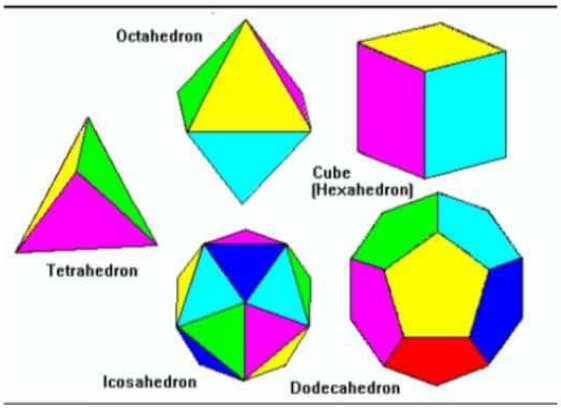
في الشكل 11، نلاحظ أن نسبة طول الضلع c إلى الضلع b هي نفسها نسبة طول الضلع b إلى الضلع a، وهي تساوي النسبة الذهبية. بإيصال الرؤوس الخمسة للنجمة الخماسية يتكون لدينا الخماسي الذهبي الذي يحقق النسبة ϕ . الخماسي الذهبي هو مضلع خماسي محتوى في دائرة وأضلاعه وزواياه كلها متقايسة.



الشكل 11. النجمة الخماسية وخماسي الأضلاع

وتجدر الإشارة إلى أن خماسي الأضلاع هو اسم مقر وزارة الدفاع الأمريكية البنتاغون، في حين أن العديد من الدول من الغرب إلى الشرق مرورا بالعالم الإسلامي اتخذت من النجمة الخماسية شعارا لها يزيّن أعلامها .

وكما أن النسبة الذهبية الموجودة في الأشكال الهندسية المستوية، فهي تتواجد كذلك في الأشكال ثلاثية البعد، وأهمها رباعي الوجوه المنتظم والمكعب وثماني الوجوه، أو ما يُعرف بالمجسمات الأفلاطونية.

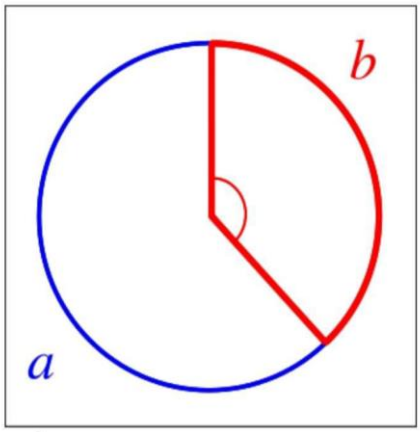


الشكل 12. المجسمات الأفلاطونية

5.4. الزاوية الذهبية

في الهندسة، تُعرّف الزاوية الذهبية على أنها الزاوية المركزية التي تنتج عندما نقسم محيط الدائرة إلى قطاع a وقطاع b بحيث يتحقق

$$\frac{c}{a} = \frac{a}{b} \quad , \quad c = a + b.$$



الشكل 13. الزاوية الذهبية

تسمى الزاوية المنشأة عن طريق القوس b الزاوية الذهبية، وقياسها تقريبا $137.51°$ أي ما يعادل بالتقريب 2.4 راديان، والقياس الدقيق هو:

- $\frac{2\pi}{\phi}$ للزاوية الداخلية؛
- $\frac{2\pi}{\phi+1}$ للزاوية الخارجية.

من المعلوم أن أبجدية العلوم تأسست على الرياضيات، ولكن سحر النسبة الذهبية لا يقتصر على الرياضيات فقط، بل هي معيار جمالي لمختلف المجالات سواء معمار، فن، موسيقى، تخطيط، إلخ.

حول الاشتقاق كسري الرتبة

عبد الرشيد سعدي
أستاذ بقسم الرياضيات، جامعة محمد بوضياف، المسيلة
abderrachid.saadi@univ-msila.dz

1. مقدمة تاريخية

يُذكر أنه في سنة 1695 كتب ليبنيتز Leibniz إلى لوبيتال L'Hôpital، في إحدى رسائله ما يلي: "هل يمكننا تعميم المشتقات ذات الرتب الصحيحة إلى مشتقات ذات رتب غير صحيحة؟"، أجاب لوبيتال: "هل يمكن التعميم إلى الرتبة ½ مثلا؟" فرد ليبنيتز: "إن ذلك سيؤدي إلى مفارقة، وقد تكون نتائجه مفيدة يوما ما".

بعد نحو ثلاثين سنة أعاد أويلر Euler صياغة السؤال بالطريقة التالية: "إذا كان n عددا صحيحا موجبا وكانت p دالة ذات متغير x فإن النسبة $\frac{d^n p}{dx^n}$ يمكن التعبير عنها جبريا، ولكن ماذا لو كان n كسريا؟" ليقوم لاكروا Lacroix سنة 1819 في كتابه "رسالة في حساب التفاضل والتكامل" بتقديم المشتق من الرتبة $\frac{1}{2}$ في حالة خاصة بالعبارة التالية

$$\frac{d^{1/2}x}{dx^{1/2}} = 2\sqrt{\frac{x}{\pi}}.$$

وفي سنة 1822 اقترح فوريه Fourier تعميم النتيجة التالية

$$\frac{d^n f(x)}{dx^n} = \frac{1}{2\pi}\int_{-\infty}^{+\infty} y^n dy \int_{-\infty}^{+\infty} f(z)cos(xy - yz + n\frac{\pi}{2})\, dz$$

المتعلقة بالأعداد الطبيعية n، وذلك من أجل تعريف المشتق من رتبة غير طبيعية ومن أجل دوال تحقق خصائص معينة مرتبطة بالتكامل أعلاه.

كما قام آبل Abel سنتي 1821 و1826 بحل المعادلة التالية

$$\int_a^x \frac{y(t)}{(x-t)^\alpha} dt = f(x) \qquad x > a, \quad 0 < \alpha < 1.$$

إنها تعميم لمسألة الزمن المتساوي (tautochrone problem). لقد ساهمت هذه المسألة إلى حد كبير في ظهور مفهوم المشتق غير الطبيعي على الرغم من أن آبل لم يكن يقصد ذلك في الأصل.

وما بين العامين 1832 و 1837 قام ليوفيل Liouville بنشر مجموعة من المقالات متعلقة بالمعادلات التفاضلية التكاملية من النمط كسري الرتبة، حيث قدم في أحد مقالاته تعريفا للتكامل من رتبة عدد مركب α جزؤه الحقيقي موجب تماما

$$I^\alpha f(x) = D^{-\alpha} f(x) = \frac{1}{(-1)^\alpha \Gamma(\alpha)} \int_0^{+\infty} f(x+t) t^{\alpha-1} dt \qquad x \in IR.$$

وهو التعريف الذي عُرف باسمه مع ملاحظة أنه تم الاستغناء عن الحد $(-1)^\alpha$ وأن $\Gamma(\alpha)$ هي دالة أويلر المعرفة بـ

$$\Gamma(\alpha) = \int_0^{+\infty} t^{\alpha-1} e^{-t} dt.$$

إن هذه النتيجة على قدر كبير من الأهمية، وقد اشتغل عليها ريمان Riemann سنة 1847 أيام كان طالبا، ليتم نشر بحثه سنة 1876 مقدما التعريف الحالي للتكامل الكسري والمعروف باسم ريمان – ليوفيل

$$I^{\alpha}f(x) = \frac{1}{\Gamma(\alpha)}\int_0^x f(t)(x-t)^{\alpha-1}dt \qquad x > 0.$$

كانت هذه مقدمة لمفهوم المشتق كسري الرتبة من نمط ريمان – ليوفيل، ليأتي بعدها هادامارد Hadamard سنة 1892 في مقاله "دراسة الدوال المقدمة عن طريق نشر تايلور" مقدما تعريفا آخر يستعمل فيه الدالة اللوغاريتمية وتكامل ستيلجس Stieltjes المتعلق بها

$$I^{\alpha}f(x) = \frac{1}{\Gamma(\alpha)}\int_0^x f(t)(\ln x - ln\, t)^{\alpha-1}dlnt = \frac{1}{\Gamma(\alpha)}\int_0^x f(t)(\ln x - ln\, t)^{\alpha-1}\frac{dt}{t} \qquad x > 0.$$

كما أن التكامل المعروف باسم ريمان – ليوفيل كان مقدمة للاشتقاق الكسري الذي عرف باسم كابوتو Caputo والذي ظهر سنة 1967.

قام ليوفيل أيضا بمحاولة لتعريف الاشتقاق الكسري عن طريق نسبة التزايد ولكنه لم يتقدم فيها بشكل ملحوظ، ومع ذلك فقد تلقف هذه الفكرة منه غرينولد Grünwald سنة 1867 وليتنيكوف Letnikov سنة 1868، ووضعا التعريف الذي يحمل اسمهما والمعطى بالعبارة التالية

$$D^{\alpha}f(x) = \lim_{h\to 0}\frac{1}{h^{\alpha}}\sum_{k=0}^{+\infty}(-1)^k\frac{\Gamma(\alpha+1)}{\Gamma(k+1)\Gamma(\alpha-k+1)}f(x-kh), \quad \alpha \in IR\backslash IN.$$

وجدير بالذكر أن هناك تعاريف ومحاولات أخرى، منها ما تجاوزه الزمن وأصبح ضمن التراث الرياضياتي، ومنها ما تم تطويره واستغلاله، خصوصا في السنوات الأخيرة التي يُلاحظ فيها كمٌ هائل من البحوث في هذا الميدان الواسع. بل إن بعض المجلات قد تخصصت في الحساب كسري الرتبة وصار لها تصنيف مميز ضمن المجلات التي تنشر بحوثا أصلية في الرياضيات وتطبيقاتها.

إن الإلمام بمختلف تعاريف الحساب التفاضلي كسري الرتبة لا تحتمله هذه العجالة، لذا فإننا سنقتصر على تقديم مجموعة من المقاربات الشهيرة:

2. مقاربات شاملة (غير محلية) لتعريف المشتق كسري الرتبة

تعتمد هذه المقاربات على اعتبار أنه يمكن تعريف الدالة عن طريقة اشتقاقات متتابعة لتكاملات متتالية لهذه الدالة. ومن ضمن هذه المقاربات نجد:

1.2 مقاربة ريمان - ليوفيل

لتكن f دالة مستمرة على مجال (a,b) حيث a وb عددان حقيقيان مكتملان.

يمكننا أن نحصل على الدالة f ذاتها من العبارة

$$\frac{d}{dx}\int_a^x f(t)dt = -\frac{d}{dx}\int_x^b f(t)dt.$$

كما يمكننا الحصول عليها باستعمال المشتق النوني للعبارة التالية

$$\frac{d^n}{dx^n}\frac{1}{(n-1)!}\int_a^x (x-t)^{n-1}f(t)dt = \frac{d^n}{dx^n}\frac{(-1)^n}{(n-1)!}\int_x^b (t-x)^{n-1}f(t)dt.$$

فباعتبار عدد حقيقي موجب تماما α جزؤه الصحيح (n-1) وباستعمال العلاقة الشهيرة !Γ (n)=(n-1) يمكننا أن نُعرف تكامل ريمان – ليوفيل من اليسار بالعبارة

$${}^{RL}I_{a+}^{\alpha}f(x) = \frac{1}{\Gamma(\alpha)}\int_a^x (x-t)^{\alpha-1}f(t)dt.$$

كما يمكننا تعريف تكامل ريمان – ليوفيل من اليمين بالعبارة

$$ {}^{RL}I_{b-}^{\alpha}f(x) = \frac{1}{\Gamma(\alpha)}\int_{x}^{b}(t-x)^{\alpha-1}f(t)dt. $$

إن هذا التكامل معرف جيدا من أجل كل التوابع القابلة للمكاملة على المجال [a,b] وهو قابل للمكاملة على المجال [a,b]، كما يمكن تعميم هذا التعريف إلى كل الأعداد المركبة α ذات الجزء الحقيقي الموجب تماما والذي جزؤه الصحيح يساوي (n-1).

يُعرف المشتق من اليسار من نمط ريمان – ليوفيل بالعبارة التالية

$$ {}^{RL}D_{a+}^{\alpha}f(x) = \frac{d^n}{dx^n} \quad {}^{RL}I_{a+}^{n-\alpha}f(x) = \frac{1}{\Gamma(n-\alpha)}\frac{d^n}{dx^n}\int_{a}^{x}(x-t)^{n-\alpha-1}f(t)dt. $$

كما يُعرف المشتق من اليمين من نمط ريمان – ليوفيل بالعبارة التالية

$$ {}^{RL}D_{b-}^{\alpha}f(x) = \frac{d^n}{dx^n} \quad {}^{RL}I_{b-}^{n-\alpha}f(x) = \frac{(-1)^n}{\Gamma(n-\alpha)}\frac{d^n}{dx^n}\int_{x}^{b}(t-x)^{n-\alpha-1}f(t)dt. $$

يمكننا رصد بعض الخواص للتكامل والاشتقاق من نمط ريمان – ليوفيل مماثلة لخواص التكامل والاشتقاق العادي. فمن أجل عددين مركبين α و β ذوي جزأين حقيقيين موجبين تماما ومن أجل دوال f تحقق خواص معينة لدينا:

$$ {}^{RL}I_{a+}^{\alpha}\ {}^{RL}I_{a+}^{\beta}f = {}^{RL}I_{a+}^{\beta}\ {}^{RL}I_{a+}^{\alpha}f = {}^{RL}I_{a+}^{\alpha+\beta}f $$
$$ {}^{RL}I_{b-}^{\alpha}\ {}^{RL}I_{b-}^{\beta}f = {}^{RL}I_{b-}^{\beta}\ {}^{RL}I_{b-}^{\alpha}f = {}^{RL}I_{b-}^{\alpha+\beta}f $$
$$ {}^{RL}D_{a+}^{\alpha}\ {}^{RL}D_{a+}^{\beta}f = {}^{RL}D_{a+}^{\beta}\ {}^{RL}D_{a+}^{\alpha}f = {}^{RL}D_{a+}^{\alpha+\beta}f $$
$$ {}^{RL}D_{b-}^{\alpha}\ {}^{RL}D_{b-}^{\beta}f = {}^{RL}D_{b-}^{\beta}\ {}^{RL}D_{b-}^{\alpha}f = {}^{RL}D_{b-}^{\alpha+\beta}f $$
$$ {}^{RL}D_{a+}^{\alpha}\ {}^{RL}I_{a+}^{\beta}f = {}^{RL}D_{b-}^{\beta}\ {}^{RL}I_{b-}^{\alpha}f = f $$

كما أن الاشتقاق كسري الرتبة يتطابق مع الاشتقاق العدي في حالة كون رتبة الاشتقاق عددا طبيعيا.

هناك اختلاف واضح بين الاشتقاق كسري الرتبة من نمط ريمان –ليوفيل وبين الاشتقاق العادي، وهو أن المشتق الكسري للدالة الثابتة ليس بالضرورة معدوما. فمن أجل عدد مركب غير طبيعي α ذي جزء حقيقي موجب تماما وجزؤه الصحيح (n-1)، ومن أجل الدالة الثابتة التي تأخذ القيمة غير المعدومة C، لدينا

$$ {}^{RL}D_{a+}^{\alpha}C = \frac{C}{\Gamma(n-\alpha)}\frac{d^n}{dx^n}\int_{a}^{x}(x-t)^{n-\alpha-1}dt = \frac{C(x-a)^{-\alpha}}{\Gamma(n-\alpha)} \neq 0. $$

هناك أيضا اختلاف متعلق بقاعدة ليبنيتز الشهيرة الخاصة بالمشتق النوني لجداء دالتين، فبينما هي في الحالة العادية تعطى بدستور بسيط، نجدها هنا تعطى وفق دساتير معقدة وتحت شروط معينة.

2.2. مقاربة كابوتو

تعتمد هذه المقاربة على اعتبار أنه يمكن تعريف الدالة عن طريقة تكاملات متتابعة لاشتقاقات متتالية لهذه الدالة، إذ أنه من أجل دالة f قابلة للاشتقاق باستمرار n مرة على مجال [a,b] يمكننا أن نحصل على

$$ f(x) = f(a) + \int_{a}^{x}f'(t)dt = f(b) - \int_{x}^{b}f'(t)dt. $$

كما يمكننا استعمال المشتق النوني للحصول على

$$f(x)=\sum_{k=0}^{n-1}\frac{f^{(k)}(a)}{k!}(x-a)^k+\frac{1}{(n-1)!}\int_a^x(x-t)^{n-1}f^{(n)}(t)dt$$
$$=\sum_{k=0}^{n-1}\frac{f^{(k)}(b)}{k!}(b-x)^k+\frac{(-1)^n}{(n-1)!}\int_x^b(t-x)^{n-1}f^{(n)}(t)dt.$$

إن هذا يقودنا بالطريقة ذاتها إلى تعريف المشتق كسري الرتبة من نمط كابوتو اعتمادا على التكامل الكسري من نمط ريمان – ليوفيل، وذلك بعكس موقع الاشتقاق. فبدلا من الاشتقاق خارج التكامل نستعمل تكامل ريمان – ليوفيل على المشتق النوني. وهكذا نُعرف المشتق من اليسار من نمط كابوتو بالعبارة التالية

$${}^{C}D_{a+}^{\alpha}f(x)=\quad {}^{RL}I_{a+}^{n-\alpha}f^{(n)}(x)=\frac{1}{\Gamma\left(n-\alpha\right)}\int_a^x(x-t)^{n-\alpha-1}f^{(n)}dt.$$

كما نُعرف المشتق من اليمين من نمط كابوتو بالعبارة التالية

$${}^{C}D_{b-}^{\alpha}f(x)=\quad {}^{RL}I_{b-}^{n-\alpha}f^{(n)}(x)=\frac{(-1)^n}{\Gamma\left(n-\alpha\right)}\frac{d^n}{dx^n}\int_x^b(t-x)^{n-\alpha-1}f^{(n)}(t)dt.$$

إن ارتباط مفهوم المشتق من نمط ريمان – ليوفيل ومن نمط كابوتو يمكن استنتاجه من التعريف ومن خواص التكامل، إذ أنه لدينا:

$${}^{C}D_{a+}^{\alpha}f(x)=\quad {}^{RL}D_{a+}^{\alpha}\left(f(x)-\sum_{k=0}^{n-1}\frac{f^{(k)}(a)}{k!}(x-a)^k\right)$$
$${}^{C}D_{b-}^{\alpha}f(x)=\quad {}^{RL}D_{b-}^{\alpha}\left(f(x)-\sum_{k=0}^{n-1}\frac{f^{(k)}(b)}{k!}(b-x)^k\right)$$

ومثل الاشتقاق من نمط ريمان – ليوفيل فإن الاشتقاق من نمط كابوتو يتمتع أيضا بخواص مماثلة لخواص التكامل والاشتقاق العادي. فمن أجل عددين مركبين α و β ذوي جزأين حقيقيين موجبين تماما ومن أجل دوال f تحقق خواص معينة لدينا:

$${}^{C}D_{a+}^{\alpha}\ {}^{C}D_{a+}^{\beta}f=\quad {}^{C}D_{a+}^{\beta}\ {}^{C}D_{a+}^{\alpha}f=\quad {}^{C}D_{a+}^{\alpha+\beta}f$$
$${}^{C}D_{b-}^{\alpha}\ {}^{C}D_{b-}^{\beta}f=\quad {}^{C}D_{b-}^{\beta}\ {}^{C}D_{b-}^{\alpha}f=\quad {}^{C}D_{b-}^{\alpha+\beta}f$$

كما تجدر الإشارة إلى أن المشتق من نمط كابوتو للدالة الثابتة يساوي 0 مهما كانت رتبة الاشتقاق.

3.2. مقاربة هادامارد وكاتيغامبولا Katugampola

يمكن توسيع مفهوم الاشتقاق كسري الرتبة من نمط ريمان – ليوفيل وذلك بالاعتماد على تكامل لوبيغ – ستيلجس بدلا من تكامل لوبيغ. فإذا اعتبرنا دالة مرجعية لتكامل ستيلجاس ψ فإنه يمكننا تعريف التكامل كسري الرتبة ذي الدالة المرجعية ψ كما يلي:

$${}^{\psi}I_{a+}^{\alpha}f(x)=\frac{1}{\Gamma(\alpha)}\int_a^x(\psi(x)-\psi(t))^{\alpha-1}f(t)d\psi(t)$$
$${}^{\psi}I_{b-}^{\alpha}f(x)=\frac{1}{\Gamma\left(\alpha\right)}\int_x^b\left(\psi(x)-\psi(t)\right)^{\alpha-1}f(t)d\psi(t).$$

وهكذا إذا كانت الدالة ψ قابلة للاشتقاق فإنه يمكننا كتابة التكامل كما يلي:

$$ {}_{\psi}I_{a+}^{\alpha}f(x)=\frac{1}{\Gamma(\alpha)}\int_{a}^{x}(\psi(x)-\psi(t))^{\alpha-1}f(t)\psi'(t)dt $$

$$ {}_{\psi}I_{b-}^{\alpha}f(x)=\frac{1}{\Gamma\left(\alpha\right)}\int_{x}^{b}\left(\psi(t)-\psi(x)\right)^{\alpha-1}f(t)\psi^{'}(t)dt. $$

وعليه، يمكننا تعريف المشتقات كسرية الرتبة بالنسبة للدالة ψ كما يلي:

$$ {}_{\psi}D_{a+}^{\alpha}f(x)=\frac{1}{\Gamma(n-\alpha)}\left(\frac{1}{\psi'(x)}\frac{d}{dx}\right)^{(n)}\int_{a}^{x}(\psi(x)-\psi(t))^{n-\alpha-1}f(t)\psi'(t)dt $$

$$ {}_{\psi}D_{b-}^{\alpha}f(x)=\frac{(-1)^{n}}{\Gamma\left(n-\alpha\right)}\left(\frac{1}{\psi^{'}(x)}\frac{d}{dx}\right)^{(n)}\int_{x}^{b}\left(\psi(t)-\psi(x)\right)^{n-\alpha-1}f(t)\psi^{'}(t)dt. $$

كما يمكننا تعريف المشتقات كسرية الرتبة (من نمط كابوتو) بالنسبة للدالة ψ كما يلي:

$$ {}_{\psi,C}D_{a+}^{\alpha}f(x)=\frac{1}{\Gamma(n-\alpha)}\int_{a}^{x}(\psi(x)-\psi(t))^{n-\alpha-1}\left[\left(\frac{1}{\psi'(x)}\frac{d}{dx}\right)^{(n)}f(t)\right]\psi'(t)dt $$

$$ {}_{\psi,\mathrm{C}}D_{b-}^{\alpha}f(x)=\frac{(-1)^{n}}{\Gamma\left(n-\alpha\right)}\int_{x}^{b}\left(\psi(t)-\psi(x)\right)^{n-\alpha-1}\left[\left(\frac{1}{\psi^{'}(x)}\frac{d}{dx}\right)^{(n)}f(t)\right]\psi^{'}(t)dt. $$

يمكن أن ينجم عن هذه المقاربة عدة مقاربات باعتبار الدالة المرجعية ψ، أشهرها:

- **مقاربة هادامارد**: وذلك بوضع $\psi=\frac{1}{x}$، وقد تقدم أن أول من تكلم عنها هو هادامارد سنة 1892.
- **مقاربة كاتيغامبولا**: تم نشرها في مقال محكم سنة 2014. تعتمد هذه المقاربة على الدالة المرجعية

$$ \psi=x^{\rho}\ (\rho>0). $$

من الجدير بالذكر أن الخواص السابقة للاشتقاق والتكامل تبقى صالحة لهذه المقاربات.

4.2. مقاربة إرديلي – كوبر (Erdelyi-Kober)

في بداية الأربعينيات من القرن الماضي قدم الرياضياتيان إرديلي وكوبر أبحاثا تتعلق بالحساب التفاضلي والتكاملي كسري الرتبة وعلاقته بتحويلي فورييه وميلين Mellin. تتلخص مقاربة إرديلي –كوبر في اعتماد التكامل كسري الرتبة من اليسار واليمين من أجل العدد الحقيقي الموجب تماما σ والعدد المركب ρ:

$$ I_{a+}^{\alpha,\sigma,\rho}f(x)=\frac{\sigma x^{-\sigma(\alpha+\rho)}}{\Gamma(\alpha)}\int_{a}^{x}(x^{\sigma}-t^{\sigma})^{\alpha-1}t^{\sigma(\rho+1)-1}f(t)dt $$

$$ I_{b-}^{\alpha,\sigma,\rho}f(x)=\frac{\sigma x^{\sigma\rho}}{\Gamma\left(\alpha\right)}\int_{x}^{b}(t^{\sigma}-x^{\sigma})^{\alpha-1}t^{\sigma(1-\alpha-\rho)-1}f(t)dt, $$

والمرفقة بالاشتقاقات كسرية الرتبة من اليسار ومن اليمين:

$$ D_{a+}^{\alpha,\sigma,\rho}f(x)=x^{-\sigma\rho}\left(\frac{1}{\sigma x^{\sigma-1}}\frac{d}{dx}\right)^{n}\left[x^{\sigma(n+\rho)}I_{a+}^{n-\alpha,\sigma,\rho+\alpha}f(x)\right] $$

$$ D_{b-}^{\alpha,\sigma,\rho}f(x)=x^{\sigma(\rho+\alpha)}\left(-\frac{1}{\sigma x^{\sigma-1}}\frac{d}{dx}\right)^{n}\left[x^{\sigma(n-\rho-\alpha)}I_{a+}^{n-\alpha,\sigma,\rho+\alpha-n}f(x)\right]. $$

يمكن رصد خواص مشابهة للخواص السابقة، ولكن بينها اختلافات راجعة للدالة المستعملة في مقاربة إرديلي – كوبر، والتي تختلف عن الدوال المستعملة في المقاربات السابقة.

3. مقاربات محلية لتعريف المشتق كسري الرتبة

بينما تعتمد المقاربات السابقة على النظر إلى المشتق نظرة شاملة (عن طريق استعمال التكامل) فإن هذه المقاربة تنظر إلى المشتق نظرة محلية باستعمال مفهوم النهاية.

1.3. مقاربة غرينولد–ليتنيكوف

لقد أشرنا إليها سابقا باختصار، ويمكننا الآن أن نفصل فيها قليلا. فمن أجل دالة f قابلة للاشتقاق n مرة يمكننا أن نكتب

$$f^{(n)}(x) = \lim_{h\to 0} \frac{1}{h^n} \sum_{k=0}^{n} (-1)^k \frac{n!}{k!\,(n-k)!} f(x-kh).$$

وهو ما يمكن ترجمته باستعمال الدالة غاما إلى العبارة التالية

$$f^{(n)}(x) = \lim_{h\to 0} \frac{1}{h^n} \sum_{k=0}^{+\infty} (-1)^k \frac{\Gamma(n+1)}{\Gamma(k+1)\Gamma(n-k+1)} f(x-kh), \quad \alpha \in IR\backslash IN.$$

إن الحد $\frac{n!}{k!(n-k)!}$ يُعبَّر عنه بالرمز $\binom{k}{n}$ أو C_n^k، والذي يمكن تعميمه إلى الأعداد المركبة غير الطبيعية كما يلي

$$\binom{k}{\alpha} = \frac{\Gamma(\alpha+1)}{\Gamma(k+1)\Gamma(\alpha-k+1)}.$$

وهو عدد لا ينعدم حتى ولو جعلنا k يؤول إلى اللانهاية. هذا ما يقودنا إلى اعتبار تعريف محلي للمشتق كسري الرتبة

$${}^{GL}D^{\alpha} f(x) = \lim_{h\to 0} \frac{1}{h^{\alpha}} \sum_{k=0}^{+\infty} (-1)^k \binom{k}{\alpha} f(x-kh), \quad \alpha \in IR\backslash IN.$$

2.3. المشتقات الكسرية المحافظة

في أبحاث حديثة، ظهرت مقاربة جديدة تعتمد على التعريف الشهير للعدد المشتق على أنه نهاية نسبة التزايد أي

$$f'(x) = \lim_{h\to 0} \frac{f(x+h)-f(x)}{h}.$$

يتلخص هذا الأمر في استبدال نسبة التزايد السابقة بنسبة تزايد مكيفة مع رتبة الاشتقاق α

$$D^{\alpha} f(x) = \lim_{h\to 0} \frac{f(x+hx^{1-\alpha})-f(x)}{h}, \qquad \alpha \in]0,1].$$

إن هذا التعريف للمشتق كسري الرتبة يحافظ (كما هو ظاهر من تسميته) على معظم خواص الاشتقاق العادي (العمليات على الاشتقاق، دستور ليبنيتز، إلخ). كما يمكن تعميمه إلى عدد حقيقي كيفي $\alpha \in]n-1,n]$ بالشكل التالي

$$D^{\alpha} f(x) = \lim_{h\to 0} \frac{f^{(n-1)}(x+hx^{n-\alpha}) - f^{(n-1)}(x)}{h}.$$

ولكن على ما يبدو، فإن النتائج الخاصة بهذا النمط من الاشتقاق هي تعميم بسيط للنتائج الخاصة بالاشتقاق العادي.

4. بعض تطبيقات الاشتقاق كسري الرتبة

لقد انتشرت الأبحاث في هذا المجال انتشارا رهيبا، بحيث لا يستطيع الباحث أن يقف على ذلك مهما كانت قدرته على الاستيعاب ومهما كانت مواكبته للبحوث. حيث إنه تم الخوض في العديد من المعادلات التفاضلية والتفاضلية الجزئية بعد تحوير حدودها أو البعض من حدودها إلى النمط كسري الرتبة، وللباحث أن يتخيل مدى ضخامة هذه الأعمال (رغم أنها حديثة لا يتجاوز عمرها ربع قرن). ولهذا هناك تطبيقات كثيرة للاشتقاق كسري الرتبة باعتماد نمذجات سابقة وتحويرها.

إن هذا العمل قد لا يروق لجماعة من الباحثين كونه ينطلق من معادلات افتراضية لا يمكن ضمان تطبيقها في العلوم الفيزيائية والحيوية وغيرها، ولكن هذا لا يمنع من القول إنها بحوث أصيلة ظهرت فيها نتائج صحيحة تعتمد على الأعمال التراكمية للباحثين السابقين، وهل البحث في الرياضيات البحتة والتطبيقية إلا هذا؟

ومع ذلك، فهناك أبحاث تطبيقية تعتمد على المعادلات التفاضلية كسرية الرتبة تخص مجموعة من الميادين منها: الإلكترونيك، الهيدروديناميك، ميكانيكا الموائع، الأنظمة الحركية، الجيوفيزياء، علم التربة، البيوكيمياء، الاقتصاد والمالية، إلخ.

5. وماذا بعد؟

إن الناظر للأبحاث المنشورة في مجال الحساب التفاضلي والتكاملي كسري الرتبة لا بد له من الاعتراف أنه أمام فرع جديد ضخم، بُنيت أسسه على أعتاب الحساب التفاضلي والتكاملي التقليدي. ولقد انتظر العالم مدة طويلة بقيت فيها الأبحاث الأولى طي الكتب والدوريات، حتى كانت الانطلاقة الكبرى في أواخر القرن الماضي والسنوات الأخيرة.

ولعل أهم مرجع أساسي في هذا المجال للمبتدئ هو الكتابان اللذان ألفهما كيلباس Kilbas مع زملاء له:

- الكتاب الأول مع سامكو Samko وماريتشيف Marichev والذي صدر سنة 1993. وهو كتاب ضخم يتضمن الإطار النظري للحساب التفاضلي والتكاملي كسري الرتبة.
- الكتاب الثاني مع سريفاستافا Srivastava وتريجيلو Trujillo الذي صدر سنة 2006، والذي تضمن بالإضافة إلى تتمات وأسس في الحساب التفاضلي والتكاملي كسري الرتبة، تطبيقات في المعادلات التفاضلية الكسرية (الوجود والوحدانية وحساب الحل).

لقد تم تطوير الإصدارات المختلفة لنظرية النقطة الصامدة لتتناسب مع المعادلات والجمل التفاضلية والتفاضلية الجزئية كسرية الرتبة ومن مختلف المقاربات. كما كان للطرق العددية الحظ الأوفر من أبحاث تتعلق بالحلول التقريبية للمعادلات التفاضلية والتكاملية والتفاضلية – التكاملية ذات الرتب الكسرية.

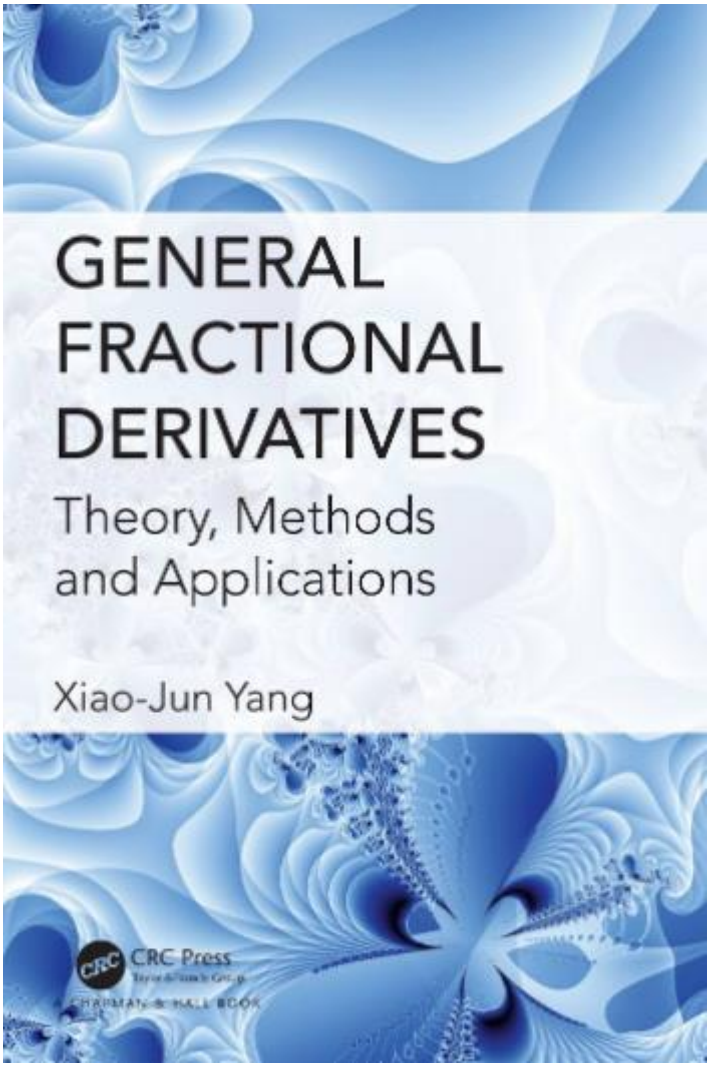
ظهرت توجهات حديثة لدراسة الحلول الضعيفة لمسائل القيم الحدية الكسرية، مع ما يقتضيه من تعريف لفضاءات سوبولاف Sobolev متوافق مع مختلف الاشتقاقات الكسرية. يقودنا هذا إلى التساؤل عن إمكانية تعريف مفهوم المشتق الكسري وفق نظرية التوزيعات. يحتاج الأمر بذلا لمزيد من الجهد، كما يحتاج إلى عمل جماعي ومؤسساتي.

إن واقع البحث العلمي يقودنا إلى الاعتقاد بأن مجال النشر في ميدان الاشتقاق كسري الرتبة لا يزال طويلا وله مستقبل واعد، لاسيما في مجال التحليل العددي.

كانت هذه جولة قصيرة عبر الزمان، وعبر مختلف المقاربات، وذلك للتعريف بجزء بسيط من هذا الميدان الواسع.

مراجع

[1] Hadamard J., Essai sur l'étude des fonctions données par leur développement de Taylor, Journal de mathématiques pures et appliquées, 4e série, tome 8, p.101-186, 1892.
[2] Kilbas A. A., Marichev O. I., Samko S. G., Fractional Integrals and Derivatives: Theory and Applications, Gordon and Breach Science Publishers, 1993.
[3] Kilbas A. A., Srivastava H. M., Trujillo J. J., Theory and Applications of Fractional Differential Equations, Elsevier, 2006.
[4] Lacroix S. F., Traité du calcul différentiel et du calcul intégral, 2ème édition, Paris, 1819.
[5] Lazarevic M. P., Rapaic M. R., Šekara T. B., Introduction to Fractional Calculus with Brief Historical Background, in book: Advanced Topics on Applications of Fractional Calculus on Control Problems, System Stability and Modeling, WSEAS Press, 2014.



كيميـــــــــاء

تطوّر مطيافية رامان وتطبيقاتها

عبد الحميد زغداوي[1]، عبد الغني محمودي[2]، فهيمة عبد اللطيف[2]، خليل قليفط[2]
[1]أستاذ متقاعد، قسم الكيمياء، المدرسة العليا للأساتذة، القبة
[2]أستاذة بقسم الكيمياء، المدرسة العليا للأساتذة، القبة
zeghdaouiens@hotmail.fr
abdelghani.mahmoudi@g.ens-kouba.dz
fahima.abdellatif@g.ens-kouba.dz
khalil.guelifet@g.ens-kouba.dz

1. نشأة مطيافية رامان وتطورها

تطورت مطيافية رامان بسرعة قبل الحرب العالمية الثانية، حيث أصبحت في منتصف العشرينيات من القرن الماضي طريقة رئيسية لتحليل المواد غير القابلة للتقطير. وكانت أبحاثٌ بين 1880 و1910 قد بيّنت أن للجزيئات طابعا اهتزازيا خاصا، عاليا ومعقدًا. في بادئ الأمر كانت هذه الاهتزازات المختلفة تُقاس عبر تسجيل طيف الأشعة تحت الحمراء IR؛ حيث لوحظ أن بعض المجموعات الكيميائية داخل أي جزيء، تهتز بتوترات حزم ضيقة خاصة. وتنحصر توترات هذه الاهتزازات بين 210 و 1410 هرتز (50–4000سم$^{-1}$). كما اتضح أن هذه الأخيرة تسبب تذبذبا في عزم ثنائي القطب.

في سنة 1923، بيّن الفيزيائي النمساوي سميكال Smekal أن الجزيئات تستطيع أن تبعثر الضوء. وافترض أيضا أن قطبية الجزيئات غالبا ما تتغير كاهتزازات خاصة على توافق، ممّا يؤدي إلى الانزياح في التوتر بين الشعاع الوارد والشعاع المتبعثر، وهي خاصية مميزة لاهتزاز الجزيئات. قام الفيزيائي الهندي رامان Râman بإظهار وإثبات ذلك، وقد وصل للنتيجة ذاتها الفيزيائي الروسي مندلشتام Mandelstam. وبذلك وُلدت مطيافية رامان.

طُوّرت أبحاث رامان في كلّ من الهند وفرنسا وألمانيا وروسيا. وتسارع تناول الكثير من الكتب لموضوع أطياف رامان بسبب أهميتها التجريبية، حتى أصبحت أغلب المخابر في ذلك الوقت مزودة بأجهزة بسيطة لتسجيل أطياف رامان. وقد استُعمل مصباح بخار الزئبق كمصدر لأشعة رامان، وكانت الأطياف تُسجل على ألواح فوتوغرافية.

في سنة 1939، قام رامان بدراسة الخصائص الاهتزازية للمركبات، وقد قام بتحليل عدد كبير من السوائل وبعض الغازات، وكذلك البوليمرات والبلورات. بعد الحرب العالمية الثانية أصبحت كواشف المطيافية تحت الحمراء متوفرة، واقترنت بالإلكترونيك، مما طور إمكانية الحصول على طيف الأشعة تحت الحمراء بشكل آلي. في حين كانت مطيافية رامان تحتاج إلى مهارة وإلى استعمال غرفة سوداء لتسهيل تطوير الألواح السبيكتروغرافية الناتجة.

زادت تجارب رامان، من الناحية النظرية، من طلب علماء الكروماتوغرافيا عليها، وذلك باستعمال الزجاج الشفاف والليزر المرئي لضوء رامان المتشتت. وأصبح من السهل نسبيا بناء خلايا لدراسة العينات تحت شروط مختلفة، سواء كانت صلبة أو سائلة أو غازية، وتحت درجة حرارية عالية أو منخفضة، وتحت ضغط عالٍ أو منخفض؛ على عكس ما تحتاج إليه مطيافية IR، التي تستعمل تصاميم خاصة للخلايا تكون على شكل نوافذ تنقل الشعاع IR. كما أن العديد من التفاعلات الكيميائية التي تدخل في الفعل المطيافي، تحدث في محاليل مائية، ممّا يسبّب مشكلا مهمّا في مطيافية IR، نتيجة عدم شفافية الماء للشعاع IR. في المقابل فإن الماء ضعيف المرئية في طيف رامان، وشفافيته للضوء المرئي جعلته محلا مثاليا لدراسات رامان. من جهة أخرى، لتسجيل طيف امتصاص IR، يجب

تحضير العينة بشكل قرص رقيق متجانس، الأمر الذي قد يؤثر على بنية العينة، في حين أن مطيافية رامان لا تحتاج لهذا النوع الخاص من تحضير العينة.

في أوائل سنة 1960، توصل الباحثون إلى اختراع أجهزة لقياس طيف رامان مثل جهاز Hilger-E R Watts. غير أن هذه الأجهزة كانت غالية الثمن مقارنة بأجهزة IR، الأمر الذي جعل أغلب المخابر مزودة بأجهزة IR دون الأخرى. ونتيجة لذلك بيع أقل من 100 جهاز من أجهزة رامان.

في منتصف عام 1960، طُوّر الليزر المرئي واعتُمِد كمصدر مثالي للأشعة في تجارب رامان، غير أن ليزر مطيافية رامان كان غالي الثمن. فالعينات النقية والشفافة والقليلة التلون بسيطة الدراسة، لذلك فالبحث فيها اقتصادي نسبيا، غير أن العينات التي تتلون وتتفلور تسبب مشكلا حقيقيا، وفي أغلب الحالات تضيع العديد من الساعات في العمل عليها دون الحصول على نتيجة مرضية. كما أن المركبات غير نقية، وأصناف واسعة من المركبات العضوية واللاعضوية النقية تتفلور وتمنع دراسة رامان. لذلك كان معدل نجاح أغلب التقارير المنجزة في المخابر منخفضا (أقل من 20% من العينات تخضع لمطيافية رامان). حتى نحصل على أطياف ذات جودة عالية باستعمال مطيافية رامان، يجب أن تكون العينات المستعملة نقية، ورغم تنقيتها إلا أن وجود مشكل الفلورة والتلوين حدّ من نفعيتها.

في السبعينات والثمانينات من القرن الماضي، ظهرت مطيافيات أخرى، مثل مطيافية الرنين المغناطيسي النووي RMN، ومطيافية الكتلة التي انضمت إلى مطيافية امتصاص IR، وأصبحت طرقا أساسية في التحليل الكمي والكيفي. ولكن مع ذلك بقي من الواضح أن مطيافية الامتصاص IR فعالة في بعض المجالات، غير أنها ليست طريقة روتينية.

خلال الخمس عشرة سنة الماضية حلّت مطيافية انتقالات فورييه للأشعة تحت الحمراء FTIR محل طرق التشتت. وتعرض أغلب المصانع الآن أصنافا عديدة من مقاييس التداخل interferometers لهذا النوع، والجودة الموجودة حاليا لم يُعمل بها قبل15 عاما. كما أن استعمال الأشعة المرئية في مطيافية رامان بقيت تصلح لعدد من الكيفيات، وحتى أنه هناك أجهزة حديثة لرامان استعملت أشعة الليزر وقُرنت بالحاسوب، لكن يبقى مشكل الفلورة والتلوين عائقا.

في سنة 1964، بيّن شانتري Chantry وجيبي Gebbie وهيلسوم Hilsum أنه من الممكن تسجيل طيف رامان قرب مجال الأشعة تحت الحمراء، وذلك باستعمال مقياس ميكلسون للتداخل Michelson interferometer في إطار الحدود التجريبية المعروفة في ذلك الوقت. غير أن موضوع هذه الورقة لم يجلب الانتباه حتى 1986، حين نشر هيرشفلد Hirschfeld مقالا علميا بيّن فيه أن استعمال الليزر ومقياس التداخل والكاشف وحاسوب متطور، يسمح بالحصول على نوعية جيدة من طيف FT-رامان. ظهرت بعدها العديد من المنشورات، عُرضت فيها النتائج التجريبية لمركبات تتميز بالفلورة، حيث أعطت أطياف رامان واضحة باستعمال أشعة الليزر المرئي.

إن استعمال قياس التداخل interferometry وانتقالات فورييه يسرّع عملية جمع المعطيات، واستعمال ضوء رامان يزيد في الفعالية. نشير أيضا إلى أن FT-رامان وFTIR مكملين لبعضهما في تقنيات التحليل، حتى أنهما صارا يشتركان في نفس قياس التداخل، وتم دمجهما في جهاز واحد في أغلب الوسائل التجارية المعروضة حاليا.

أخيرا، أصبحت مطيافية رامان تملأ الكثير من المكتبات بمجموعة كبيرة من أطياف المركبات، وتمكنت من حلّ عدد معتبر من مشاكل التحليل. وتجري حاليا في جامعة ساوثهامبتون Southampton مجموعة بحوث لتطوير تقنية FT-رامان لتصبح أداة تحليل روتيني.

2. خصائص مطيافية رامان

إن تفاعل شعاع كهرومغناطيسي مع المادة (ذرة أو جزيء عينة) يمكن أن يمتص الطاقة hγ، إذا كانت طاقة الشعاع الساقط توافق فرق الطاقة بين مستويين الذرات أو الجزيئات بحيث $\Delta E=E_2-E_1= h\gamma$. ويعود الجزيء بسرعة إلى حالته المستقرة والتي توافق أقل طاقة وذلك بإصداره فوتونا في اتجاه مغاير لاتجاه الضوء الوارد. يدعى تغير سير الشعاع بصورة عشوائية بالتشتت، ويعتمد على طول الموجة وحجم وشكل الدقائق المشتتة للشعاع. وللتشتت ثلاث حالات:

- التشتت بالضوء من دون تغير في التردد أو طول الموجة، ويدعى تشتت رايلي. وتكون فيه الدقائق أصغر من الطول الموجي؛
- تشتت تندل Tyndall للدقائق الكبيرة (البوليميرات)؛
- التشتت الذي يكون فيه تغير في التردد، ويطلق عليه تأثير رامان.

لقد بيّن الفيزيائي البريطاني رايلي Lord Rayleigh في سنة1871، أن الشعاع الساقط على جسيمات صغيرة ذات عزم ثنائي قطب تهتز في نفس تردد الشعاع الوارد، ويعمل ثنائي القطب المهتز فيما بعد كمصدر إشعاع، بحيث تتوزع الطاقة المشعة في كل الاتجاهات وبنفس التردد، إلا أنها لا تكون منتظمة على كل الاتجاهات. كما أظهر أن شدة الضوء المنتشر مرتبطة مع طول الموجة وحجم الجسيمات المسؤولة عن التشتت. لهذا السبب تتبعثر الأشعة الزرقاء للشمس من قِبل جسيمات الجو ممّا يجعل لون السماء أزرقا.

فسّر سميكال سنة 1923، تشكل خطوط إضافية بوجود زيادة أو نقصان في الطاقة الاهتزازية للجزيئات. بينما فسّرها رامان بمساعدة الفيزيائي الهندي كريشنان Krishnan تجريبيا، سنة 1928، بحزمة ضوئية صغيرة تتشتت عن طريق عينة من غاز أو سائل أو صلب، وهذه الأخيرة يمكن أن تزيد أو تنقص من طول الموجة (العدد الموجي). هذا ما يدعى بفعل رامان.

تعتمد مطيافية رامان على تحليل تردد الشعاع المتشتت عن النموذج. يهيج النموذج بواسطة شعاع أحادي اللون وذي شدة عالية، وذلك باستخدام مصدر شعاع، مثل الليزر الناتج عن مصباح يحوي بخار الزئبق يعمل على تشتيت قسم من الضوء، وأغلب الضوء المتشتت يكون خاضعا لنظرية رايلي. وفي الوقت ذاته يمكن أن يحدث تشتت رامان أي يحدث تغيرا في تردد الشعاع. إن هذه الظاهرة ناتجة عن التفاعل الحاصل بين الفوتونات الساقطة ومستويات طاقة الاهتزاز للجزيء، وفي بعض الحالات مستويات طاقة الدوران للجزيء، حيث أن هذا التفاعل هو انتقال جزء من طاقة الفوتون إلى الجزيء أو العكس، وليس عملية امتصاص.

إن أغلب الخلايا المستخدمة في مطيافية رامان للمواد النقية والمقطرة والخالية من الشوائب، عبارة عن أنابيب شعرية قطرها حوالي 3 ملم أو أقل، مصنوعة من الزجاج العادي ومصممة بحيث تعطي أطول مسار لشعاع الليزر خلال مروره فيها ليزداد بذلك الشعاع المتشتت. وتوضع المادة السائلة فيه ثم يوجه شعاع الليزر بحذر على حجم صغير من النموذج. يُجمع الشعاع المتشتت عن النموذج بواسطة مرآة مقعرة فتعكسه على عدسة، تركز هذه الأشعة في الشق الذي يسبق المونوكرومتر. أما المواد الصلبة، فإنها توضع بنفس الخلية. ولكي يكون طيفها جيدا تميل الخلية إلى الخلف باتجاه مصدر الليزر الساقط على النموذج، يمسه مسار عابرا رقيقا باتجاه المونوكرومتر، ثم تجرى المقارنة بين طيفي الاثنين معا.

يعتبر الماء مذيبا جيدا في مطيافية رامان لأنه يحتوي على ترددات فعالة قليلة جدا، بينما يكون رباعي كلور الميتان CCl_4 متماثل الذرات، غير فعال في المطيافية تحت الحمراء، على عكس ما هو عليه الأمر في مطيافية رامان. من هذا المنطلق يمكن أن تُستخدم مطيافية رامان لتحديد تماثل الجزيء؛ فالجزيء الذي يحدث فيه تغير في عزم استقطابه

الكهربائي نتيجة اهتزازه ونتيجة التغير في اتجاه العزم له، يكون فعالا في مطيافية تحت الحمراء أي يمتص الأشعة تحت الحمراء، والذي لا يتغير مركز تماثله ولا يحدث تغير في عزمه يكون فعالا في مطيافية رامان.

أما عن الخلايا المصممة حديثا والمستعملة على وجه الخصوص في مطيافية تحويلات فوريه لـ رامان فيمكن تمييزها كما يلي:

- **في حالة السوائل**: عموما، لتسجيل الطيف من السوائل نستعمل خلايا زجاجية كروية من الفضة، وأحيانا يكون السطح الفضي أسودا.
- **في الحالة الصلبة**: تستعمل خلايا ذات ثقب قطره 3 ملم، على شكل أسطوانة مجوفة من النحاس الأصفر والتي يدخل فيها بشكل دقيق قضيبٌ من الحديد يُستعمل لضغط البودرة.
- في **الحالة الغازية**: يُستعمل أنبوب زجاجي مطلي بطبقة رقيقة من الذهب.

في ربيع سنة 1991، ظهرت للوجود خمس آلات وهي:

Perkin Elmer ؛Nicolet ؛Bruker ؛Bomen ؛Bio-Rad.

لا زالت خصائصهم الدقيقة تتغير لإدخال آخر التطورات، كما أن لكل آلة نقاطا إيجابية ونقاطا سلبية قد تُعدّل أو تُغير. فالمطلوب من كل آلة هو إعطاء رسم فوتوغرافي أو رسم ضوئي جيد. نحاول إعطاء بعض التفاصيل عن الأنظمة المختلفة الموجودة، ونقتصر على الآلات الخمس المشهورة بجودتها العالية مع مختلف المنتجات الصناعية. نذكر الخصائص التالية:

- تستعمل كل الآلات ليزر yAG: Na^{+3} كمصدر؛
- تعمل كلها من 150 سم$^{-1}$ إلى 3500 سم$^{-1}$ في انزياحات ستوكس، وبعضها تحت 150 سم$^{-1}$ في منطقة ضد ستوكس؛
- كلها مزودة بحاسوب بطريقة تسمح برسم طيف IR وطيف رامان معا؛
- كل الأجهزة مزودة بجهاز فصل، وطولها الموجي قريب من الطول الموجي لأشعة الليزر المستعملة؛
- هناك فرق معتبر بين قدرة كل آلة على دراسة صنف عريض من العينات، فمثلا تستعمل المرآة المحورية فقط لدراسة عينات صغيرة الحجم.

في فعل رامان يجب أن يكون الشعاع الوارد أحادي اللون عالي الشدة حتى يُلاحظ هذا الفعل بوضوح، لأن تشتت رامان ضعيف نوعا ما. هذه الخاصية جد مهمة في مطيافية رامان الدورانية لعينة غازية.

يكمن مبدأ الطريقة المستعملة في تمرير شعاع أحادي اللون عبر العينة للتشتيت والكشف عن تبعثر رامان، وتتجمع هذه الأشعة مباشرة ثم تعبر إلى الكاشف. قبل اكتشاف الليزر، كانت الأشعة أحادية اللون عالية الشدة توضع كمصدر للإشعاع الذري. إذا لزمت الضرورة تعزل الأشعة المرئية وفوق البنفسجية القريبة بواسطة مصفاة ضوئية. أما المصدر الأكثر استعمالا فهو مصباح بخار الزئبق وأشعته الثلاثة الأكثر شدة.

بالنسبة لمطيافية رامان، يُعدّ الليزر من مصادر الأشعة أحادية اللون المثالية وشدته جد عالية، وهو الأكثر استعمالا تطبيقيا، حيث يعوض بصورة كاملة مصادر الإشعاع الذري.

3. بعض التطبيقات

1. **المخدرات**: أعطت طرق رامان بعض الأطياف لمجموعة من المخدرات، مثل الهيروين ($C_{21}H_{25}NO_5$) والمورفين ($C_{17}H_{19}NO_3$) والكودين ($C_{18}H_{21}NO_3$)، عصابات سببها مجموعة الفينيل التي تغير في الشدة والتوتر، كما يحدث في المركبات المعقدة، وهي عكس طيف IR لنفس هذه المركبات. كما أن نتائج المورفين تساعد

الشرطة على فحص المواد المخدرة الأخرى. يظهر طيف رامان لمركب الأمفيتامين سولفات ($C_9H_{13}N,H_2SO_4$) النقي مقارنة مع مركبات أخرى مخلوطة مع السوربيتول ($C_6H_{14}O_6$)، ممّا يسمح بالكشف عن مركبات شبه قلوية بواسطة طيف رامان، والذي يمكن فصله بواسطة الطرق الكروماتوغرافية.

2. **المتفجرات**: تدرس مطيافية رامان على الخصوص مجموعة النيترو الموجودة في بنية المتفجرات، حيث تعطي عصابة بارزة وقوية في طيف رامان. رغم أن بعض المتفجرات تتلون وتتفلور تحت تأثير الأشعة مرئية، إلا أن دراسة الكثير منها أثبت نجاحها رغم مشكل التلون والفلورة. كما أنها تعطي شدات متشتتة، وتعطي نوعا ممتازا من الأطياف. غير أن هناك مشكلا يكمن في امتصاص أشعة الليزر للعينات شديدة التلون. أثبتت النتائج التجريبية أن مطيافية IR غير ملائمة لدراسة المتفجرات، في المقابل تعطي مطيافية رامان معطيات مفيدة، لأنه يمكن ضبط الليزر لتفادي مشكل الفلورة والتلون، كما يمكن ضبط درجة حرارة خلايا العينة. [7]

3. **المواد الصيدلانية**: تعطي مطيافية رامان أطيافا ممتازة لمركبات صيدلانية مثل طيف الإندوميتاسين وطيف مضاد الالتهاب. لذلك فهي تُستعمل لتحديد نقاوة الأدوية التجارية، حيث تسجل أطيافا جيدة عند تراكيز منخفضة من العينات. كما يمكن أن تتغير شدات المواد المختلفة في مطيافية رامان بـ 1:100، وهذا التغير غير معروف في مطيافية IR. ويمكن تحديد موقع الوظيفة باستعمال تركيز معين، وهو هدف النشاط الصيدلاني. كما أن عصابات اهتزاز بعض المجموعات عالية القطبية مثل CCl وOH وC=O تسيطر في مطيافية IR وتحتاج إلى تعريض الصور، خاصة عندما تكون هناك رابطة هيدروجينية تحجب قسما هاما في الطيف، وهذه المشاكل غير موجودة في مطيافية رامان. كما أنه من الواضح أن حقول القوى داخل الجزيء وخارجها تؤثر على طيف الاهتزاز ككل، لكن هذه الاهتزازات تظهر في مطيافية رامان أكثر منه في IR، وهي سهلة الاستغلال في المستقبل بشكل روتيني في التحاليل لمراقبة النوعية والإنتاج.

4. **البوليميرات**: أول أطياف رامان للبوليميرات وبولياستران نشرها ساينر Signer وويلر Weiler سنة 1932، والتي تلخص استعمال مطيافية رامان الكلاسيكية في تحليل البوليميرات. تدرس مطيافية رامان على الخصوص البوليميرات العضوية، وذلك نظرا لحساسية التقنية لدراسات بنيات الجزيئات غير القطبية مثل C-C وC=C. غير أنه يمكن أن تعطي دراسات متشابهة في مركبات لا عضوية بعض المعلومات المفيدة. بعد اكتشاف الليزر أصبحت دراسات البوليميرات ممكنة باستعمال مطيافية رامان، وفي أواخر 1960 صارت تحاليل البوليميرات موضوعا خاصا. وفي عام 1971 تمكن كونيغ Koenig من الحصول على أطياف رامان لأكثر من 20 بوليمارا مختلفا. ومع استمرار تطور الليزر استمر تطور دراسة البوليميرات.

بقيت المخابر الصناعية فقيرة من أجهزة رامان وغنية بأجهزة IR بسبب مشكل الفلورة الذي يعيق دراسات رامان، وكذلك عدم نقاوة البوليميرات والتي تستخدم عادة مركبات تحدث الفلورة مثل مضادات الأكسدة. غير أن هناك تقنيات قادرة على التخلص من مشكل الفلورة كالاستخلاص، وإعادة البلورة، إلخ. والمشكل ذاته مع التلون الذي يمتص إثارات الليزر المرئي. لذلك بقيت مطيافية IR أحسن طريقة لدراسة البوليميرات. كما أن البوليميرات التي تحتوي مجموعات قطبية مثل C=O وSi-O تُدرس بمطيافية IR بسبب قطبيتها التي تجعل عصابات رامان ضعيفة.

طرق رامان مفيدة في تحديد كمية متماكبات فينيل في المطاط الصناعي butadiene rubber (متعدد الفينيل) لأن استعمال الطريقة الرئيسية، وهي مطيافية الرنين المغناطيسي RMN، غير موثوقة في هذه الحالة، بينما استعمال طيف IR مع طيف رامان يعطي جودة عالية، كون الطريقتين مكملتين لبعضهما. كما تدرس لنا

مطيافية رامان توجيه البوليميرات وتسهل لنا التمييز بين ايزوتكتيك وسنديوتكتيك للبوليميرات المختلفة. كما أن توسيع عصابات رامان لشدات القمم المنخفضة يميز المواد التي لها إعاقة كيميائية منخفضة، مثل عينات atactic لمزيج head to head أو head to taile، وكذلك العديد من الأصناف الكيميائية التي لها توترات اهتزازية مختلفة.

5. **التطبيقات البيولوجية**: جاء في العديد من المقالات تطبيقات لمطيافية رامان باستعمال الليزر المرئي، والتي تحتوي على معلومات مفيدة كالبنية الثانوية والثالثية للجزيئات البيولوجية، مثل الأحماض الأمينية الأساسية والبروتينات والمتعدد ببتيدات والأحماض النووية والسكريات. يمكن دراسة كل هذه الأنواع بمطيافية رامان، غير أن عدم النقاوة، ووجود الكروموفورات في بعض منها، والتي تقود إلى الفلورة، يعرقل أحيانا التحليل، كما أن بعضها يتخرب عند التشعيع بطول موجة مرئية. تحصلت الباحثتان جورال Góral وزيتشيZichy على نوعية ممتازة من أطياف رامان لكل من الأحماض النووية والمتعدد ببتيدات والسكريات. وجدت العديد من الدراسات الحديثة حدودا في استعمال الليزر منخفض القوة للتقليل من خسارة العينة، إلا أن دراسة عينات من أنسجة الأعضاء والنباتات واجهت مشكل الفلورة. كما أن الدراسات بمطيافية FT-رامان أو FTIR تستلزم شرطا طاقويا لإعطاء معلومات مفصلة عن مستويات الجزيئات والتغيرات التي تحدث في النسيج كتحديد المرض. إن استعمال مطيافية FT- رامان قرب مجال IR يمكّن من تحديد المئات من المكونات المجهرية المختلفة في سطح النسيج.

6. **الأغشية**: بيّن ليفين Levin في العديد من المقالات محاسن ومضار استعمال مطيافية رامان على الدراسات البيولوجية والأغشية. فالكثير من الرغوات تخرب باستعمال الليزر وتعطي تبعثرا ضعيفا لرامان، كما تعاني مطيافية رامان من مشكل الفلورة في هذه الحالة أيضا، غير أنه يمكن التخلص بسهولة من هذا المشكل ومشكل التخريب باستعمال الأشعة قرب مجالIR. هناك مشكل صعب آخر وهو وجود الماء وبعض المنحلات فيه في كل الخلايا البيولوجية؛ وللأسف عند سقوط أشعة في صنف ستوكس لتبعثر رامان المثار باستعمال الليزرNa: YAG الذي يعمل عند 1064 نانومتر، فإن العينات تمتص أشعة رامان المبعثرة.

يُضاف إلى ذلك مشكل ضبط الحرارة، فالدرجة الرئيسية تقلل من هذا الفعل، ويمكن باستعمال خيط ضوئي توزيع شعاع الليزر وجمع تبعثر رامان، كما أن استعمال أكسيد الديتريوم المحل في الماء يُسهّل هذا الفعل. لكن رغم كل هذا يبقى وجود الماء ومكونات الغشاء المختلفة وكذا انتقال المواد عبرها والتفاعلات التي تحدث فيها عوائق يُؤمل حلّها مستقبلا. كما تُستعمل مطيافية رامان في دراسة آليات مختلفة من بينها دراسة آلية تركيب dipalmitoyphosphatidylcholine، الذي هو نموذج لنظام الغشاء وعمليات التبادل مع antibiotics polyene، حيث تتطلب في الآلية معرفة مسامات بين الجزيئات. تتم دراسة هذه الأنظمة باستعمال رامان في مجال الإثارة المرئي 514.5 نانومتر، وذلك بسبب الفلورة.

7. **الأنسجة الحيوانية**: إن لمطيافية رامان تطبيقات في الكيمياء الحيوية والطعام. وللتخلص من مشكل الفلورة تستعمل أشعة الليزر قرب مجال IR، والتي طورها الباحث ني Nie واستعملها على العيون. درس ني عددا من عينات العيون لتحديد المركبات المختلفة ولمعرفة المرض (المواد الكيميائية الناتجة عن التفاعلات)، وتحديد وتمييز المكونات. بفضل ني أصبحت المكتبات غنية بأطياف العيون وما تحتويه من مركبات كالليبدات وغيرها، والجليكاتين. كما استعمل الباحثون رافا Rava وباراجا Baraga وفيلد Feld مطيافية FT-رامان لدراسة الأمراض في جسم الإنسان كدراسة الأمراض الموجودة في الدم حيث تعطى معلومات مفصلة عنها، وكذلك لدراسة متعدد الببتيدات، وكذا دراسة الخشب والأنسجة النباتية والمواد الصيدلانية.

أظهرت مقالات اسبينوزا Espinosa أطياف الإيلبتيسين ellipticine في تواتر منخفض من FT-رامان، والإيلبتيسين مركبات ذات طبيعة نباتية من أشباه القلويات. والحصول على أطياف هذا المركب العالي التلوين محدد بسبب الفلورة، كما أن هذا المركب يدخل بين DNA، ويعطي عند التوترات الضعيفة، من 10سم$^{-1}$ إلى 400 سم$^{-1}$معلومات عن تشكل الرابطة الهيدروجينية بين DNA والإيلبتيسين. ولدراسة هذه المركبات يُستعمل مصدر الليزر (YAG nm 1064 :$ArNa^{+3}$ (514.5 nm)) ومصفاة، وفي هذه العملية نستطيع الحصول على إزاحات تحت85 سم$^{-1}$. كما استعملتFT- رامان في تحديد النيوكلوتيدة والنيلكوزيدة التي عجزت مطيافية IR عنها. وقد استنتج اسبينوزا باستعمال FT- رامان وجود روابط خاصة بين DNA – الإيلبتيسين قرب 115 سم$^{-1}$، وهي ناتجة عن تدخل الرابطة الهيدروجينية. كما استنتج وجود فعل متبادل بين الإيلبتيسين وDNA.

قامت كل من جورال وزيتشي بدراسة الأحماض النووية. كما استُعملت مطيافية رامان في دراسة الأطعمة وتحديد السكريات وغيرها، واستعملت كذلك لتحديد السطوح اعتمادا على عزم ثنائي القطب والدوران والاهتزاز، وتحديد الزوايا بغرض تحديد الشكل البلوري الذي يعد مهما، خاصة في دراسة المحفز. واستخدمت مطيافية رامان كذلك في تحديد المركبات غير العضوية.

الخاتمة

كل الأجهزة المعروضة حاليا موجهة عادة إلى المطيافية تحت الحمراء، غير أن هذا التوجه تغير وأصبحت الأجهزة تتخصص إما في مطيافية IR أو في مطيافية رامان. لكن الحصول على جودة عالية يتطلب، في التحليل، دمج منحنى IR ورامان معا، كونها مكملتين لبعضهما. وهو ما جعل مصانع الأجهزة تحد من رواج منتجاتها لمدة تتراوح بين خمس وثمان سنوات، بغرض أن تحل محلها تصاميم قد تستغرق سنوات للوصول إليها. يستوجب دمج الجهازين دمج العديد من الميزات الواجب إدراجها عند الجمع بين IR ورامان. والمشكل الرئيسي في مطيافية رامان هو الحساسية، ما جعل العديد من المصانع تزود أجهزتها بمصفاة وكواشف خاصة.

سيكون الفرق الوحيد الحقيقي بين جودة هذه الآلات المعبر الضوئي والجذب التجاري، وكذلك الأشعة غير المسموح لها بالنفاذ قرب مجال IR، وسبب هذه الأخيرة جد معقد يدخل فيه كسر المواد للأشعة والمتعلقة بالسطوح الضوئية وكذلك جودة المادة. أما الميزات الواجب أخذها بعين الاعتبار فهي سهولة المراقبة وإهمال (التقليل) الفلورة، وإدخال مقياس التداخل، إلخ. كما نشير إلى أن جاذبية FTIR تكمن في حساسية الكواشف وثمنها المنخفض، إضافة إلى ذلك إمكانية العمل بها في درجة حرارة الغرفة، [7].

المراجع

[1] حقي، وفاء، قدسي، يحي، المطيافية العضوية والاصطناع الكيمياوي، ديوان المطبوعات الجامعية، 1992.
[2] الصالح، محمد علي خليفة، الكيمياء التحليلية، مطبعة جامعة الملك سعود،1994.
[3] الصفار، أحمد، الطرق الآلية في التحليل الكيميائي، ديوان المطبوعات الجامعية،1991.
[4] وحاس، ر.، الكيمياء العامة، ترجمة صلاح يحياوي، ديوان المطبوعات الجامعية،1981.
[5] المجلة العربية للعلوم، الذرات، المبادئ الأساسية، الليزر. العدد 23. 1994.
[6] Janin, J., Méthodes biophysiques pour l'étude des macromolécules, Hermann,1985.
[7] Hendra, P., Jones, C.& Warnes, G., Fourier Transform Raman Spectroscopy, Prentice Hall, 1991.

[8] Hollas, J.M., Modern Spectroscopy, John Wiley, 1987.

[9] Hollas, J.M., Spectroscopie: Cours et exercices, Dunod, 1998.

[10] Rava R. P., Baraga J. J. & Feld M. S., Near infrared Fourier transform Raman spectroscopy of human artery, Spectrochimica Acta, Vol. 47A, 314, 1991.

الفيزيائي الهندي

تشاندراسيخارا فينكاتا رامان Chandrashekhara Venkata Râman (1970-1880)

تكنولوجيـــــا

الأَتْمَتَة: تعريفها ومثال عن مجالات تطبيقها

محمد تهامي
مدير مساعد بشركة سونلغاز، بشار، الجزائر
tmoky13@gmail.com

تمهيد

مع التطورات المتتالية للهندسة الإلكترونية والإعلام الآلي الصناعي، ارتقاءً إلى الذكاء الاصطناعي، لم يعد الإنسان إلا على بعد خطوات قليلة من ولوج الحياة الذكية؛ حيث سيكون بمقدار جميع الأشياء العينية والأجهزة المختلفة الموضوعة تحت تصرفه، العمل ذاتياً وفق تصميم أَتْمَتِي automatic وبرمجة معلوماتية مُحكمة. ولذلك بات العالم في الآونة الأخيرة يشهد تطوّراً وتقدّماً غير مسبوق، لا سيما ما تعلّق بالعينيات، كالعقارات ومختلف ما تشتمل عليه، والتجهيزات كالسيارات والهواتف الذكية، إلخ؛ أي كل ما يرتبط بمرافق حياة الإنسان.

وبهذا بات تشغيل مختلف المنتوجات الهندسية ذاتياً، بمجرد أن تتلقى منّا الإشارة عبر أزرار علبة التحكم، بل ومع بروز الذكاء الاصطناعي وتطوره السريع، بات من الممكن الاستغناء عن علبة التحكم، والتواصل مع المنتوج بالصوت أو الإشارة. للتذكير، تُصمّم هذه المنتوجات، في الغالب، وفق هندسة أَتْمَتِيَّة، تتمثل في أجهزة إلكترونية دقيقة تخضع لبرمجة إعلامية صناعية محبوكة، تتبنى منطقيات الذكاء الاصطناعي، تلفّها في المجمل، وتتخللها أحياناً مواد ميكانيكية أو عاجية.

وبذلك تطوّرت عجلة الأتْمتة automation، أو الآلية، بشكل سريع، وبدأ الإنسان في الاستفادة من هذا التقدّم، وتطويعه لخدمة البشريّة جمعاء. فظهرت العديد من الاكتشافات والاختراعات الحديثة، التي جعلت الحياة أسهل، وأصبح إنجاز الأعمال يتم بشكل أسرع، وبجودة عالية، ودقّة لامتناهية. فما هي هذه الأتْمتة؟ وإلى أي مدى يمكننا الاستفادة منها؟

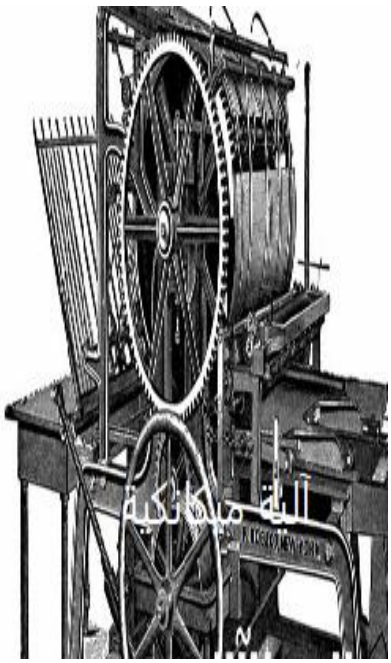
1. تعريف الأتْمتة

هندسياً، الأتْمتة هي النموذج التكنولوجي الذي يمكّن جهازا ما من القدرة على تحويل الحركة والقوى المدخلة إلى مجموعة من القوى والحركة الناتجة بصفة مُحكَمة إلى حد بعيد ومحسوبة آنفاً. يعرّف العالم الألماني فرانز رولو Franz Rouleaux الآلة على أنها «مجموعة من الأجسام المقاومة، مرتبة ذاتياً بحيث تمكّن إجبار قوى الطبيعة الميكانيكية على القيام بعمل مصحوب بحركة معينة». يُستدل من هذا أنّ الجمع بين القوة والحركة يولّد القدرة، والأتمتة تحدد القدرة المطلوبة لتحقيق المجموعة المرغوبة من القوى والحركة.

يُشار إلى أنّ المرحلة الأولى من ظهور الأجهزة الأتمتية كانت في معظمها ميكانيكية التصميم، وكانت بذلك تتكون بشكل عام من عناصر متحركة، قد تشمل:

- التروس وسلسلة من التروس؛
- أقشطة وسلاسل نقل الحركة؛
- الحدبات والتابعات؛
- الروابط؛

- أجهزة الاحتكاك، مثل الفرامل والقوابض؛
- المكونات الهيكلية مثل الإطار الخارجي، البراغي، البيال، النوابض، أو مواد التشحيم والتزليق؛
- عناصر الجهاز المختلفة، مثل مفاتيح الربط، الإبر أو المفاتيح.



الشكل 1. أتمتة ميكانيكية

تكون الأتمتة عادة، جزءا من نظام أكبر، يُعرف بالنظام الميكانيكي أو الآلة. في بعض الأحيان يمكن الإشارة إلى آلة كاملة على أنها أتمتة. ومن الأمثلة على ذلك أتمتة التوجيه في السيارة، أو أتمتة تحريك العقارب في ساعة اليد. إلا أنه وفي الغالب، تكون الآلة مجموعة مترابطة من الأتمتات المتعددة. ومع ظهور الكهرباء باتت الآلة تستمد الطاقة وتوزّعها على مختلف أجهزتها الداخلية عبر دائرة التغذية الكهربائية ومجموعة كوابل الربط. أما ظهور الإلكترونيات ولا سيما الدقيقة منها، فقد ساهم في تقليص حجوم مكونات الآلة، بتعويض الكثير منها بشرائح صغيرة ذات وظائف مهولة، ثم أضاف إليه الإعلام الآلي الصناعي برمجة التشغيل الذاتي. أما الذكاء الاصطناعي فهو من بدأ يمهّد للتعامل مع الآلة بالمخاطبة والتواصل اللفظي والإشارة اليدوية، وكأننا نتعامل مع انسان. في هذا السياق، تم استخدام مصطلح الأتمتة (أو الآلية) بمعنى الآلة ذات الحركة والعمل التلقائي.

2. فائدة استخدام النظم الأتْمتية Automatic systems

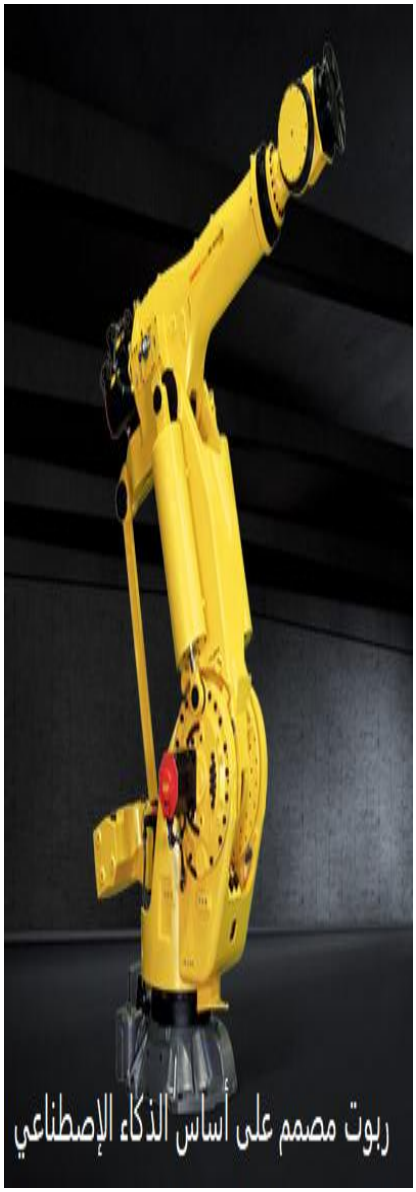
بعد أن تم التعريف المستفيض للأتمتة، لننتقل إلى تبيان مدى الاستفادة منها، وذلك من خلال إظهار دورها في تحسين أداء الخدمات المكتبية كمثال يفيد الطلبة. فالخدمات المكتبية هي واحدة من أهمّ الخدمات المعتمد عليها في إثراء معارف الطلبة وكفاءاتهم العلمية.

3. النظم الأتمتية والخدمات المكتبية

الأكيد أنه، وبالنظر إلى ضخامة المكتبات الجامعية، باتت عملية تسييرها على الوجه الصحيح، كمًا وكيفًا، مرهقة. فكان اللجوء إلى استخدام النظم الأتمتية لضبط الحجم الهائل من الإنتاج الفكري، وتقديم خدمات معلوماتية

متنوعة بسرعة وبدقة عالية ضرورة ملحة، لا سيما أن المكتبات في الوقت الراهن لا تقاس بكميات الأوعية الموجودة بداخلها، ولكن بالخدمات التي تقدمها، وكيفية تقديمها إلى المستفيدين بأسرع وقت ممكن وفي أي مكان. جُوبِهَتْ المشاكل العديدة للنظم اليدوية وتنوع وتعدد الإنتاج الفكري والتطور التكنولوجي السريع ودقة تسجيل المعلومات وتنظيمها وغيرها من الإجراءات الخاضعة لعمليات التشغيل الآلي، عبر مجموعة من التطبيقات applications لأداء الوظائف الفنية والإدارية بالمكتبة. تشمل هذه الوظائف: التزويد والفهرسة والإعارة والإتاحة.

يتلخص تشغيل هذه التطبيقات في جعل النظام الأتمتي للخدمات المكتبية كلّا متكاملا من الأنشطة والعلاقات التي تكمّل بعضها بعضا. ويتم تبادل المعلومات فيما بينها من أجل تحقيق هدف أو أهداف مشتركة ومحددة لهذا النظام.



الشكل 2. روبوت مصمم على أساس الذكاء الاصطناعي

4. مكونات النظام الأتمتي للخدمات المكتبية

1.4. المدخلات inputs

يُقصد بالمدخلات المادة أو المواد الخام من موارد بشرية ومادية. وهي العناصر التي يقوم عليها النظام من خلال التفاعل مع بعضها البعض. وسُمّيت بالمدخلات لكونها تشكّل نقطة البدء في عملية التفاعل في النظام سلباً وإيجابا، لغرض تحقيق الهدف أو الأهداف المطلوبة.

2.4. المعالجات treatments

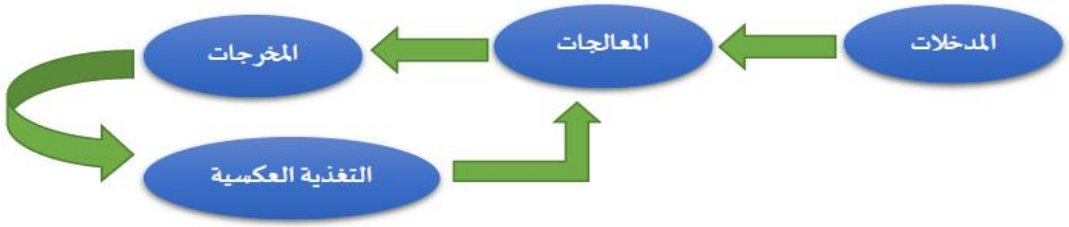
تتمثل المعالجات في تحول المادة الخام (المدخلات) التي تدخل إلى النظام إلى مخرجات تحقق هدف أو أهداف النظام المحددة، بحيث لا يكون التفاعل بين مكونات النظام بشكل عشوائي وتلقائي، بل يتم بواسطة التحكم في تلك التفاعلات وتحديد مساراتها وإرشادها، بغية الوصول إلى ما هو مطلوب إجراؤه على المدخلات لغرض تحويلها إلى مخرجات مفيدة.

3.4. المخرجات outputs

المخرجات هي النتائج التي تنجر عن عملية معالجات مدخلات النظام، في إطار المتغيرات المحيطة بالنظام وفقاً لما هو مطلوب من النظام تحقيقه.

4.4. التغذية العكسية feedback

التغذية العكسية هي الإجراء الذي يمكّن من مراقبة النظام والتحكم فيه، وذلك بالتحقق من أن المعالجات المحددة للمدخلات تؤدي إلى نتائج المخرجات المرادة. تسمح التغذية العكسية بالتطوير المستمر للنظام، من خلال تصحيح مساراته عبر توجيه ومتابعة تقييم عمليات تنفيذ المخرجات. لذلك يجب فحص فاعلية النظام من خلال النتائج والمخرجات الخاصة به.



الشكل 3. مكونات النظام

5. وظائف نظم المعلومات الأتمتية

1.5. جمع وإدخال البيانات

تعتمد وظيفة جمع وإدخال البيانات جملة من الخطوات:

أ. **تسجيل البيانات** data recording، أي تسجيل جميع البيانات اللازمة كأحداث ومعاملات وغيرها من الظواهر، ثم تدخل هذه البيانات على أنواع متعددة من الوسائط والتي هي أشياء أو وحدات ملموسة يمكن تسجيل البيانات عليها.

ب. **ترميز البيانات** data coding، أي تخصيص مجموعة من الأرقام أو الحروف أو الرموز لكل نوع من البيانات طبقا لخطة محددة، حتى تصبح هذه البيانات أكثر ملاءمة للتشغيل المستوجب تبسيط كمية البيانات المراد

تسجيلها. يتم كل هذا باستخدام مجموعة من الأساليب لاختصار البيانات اللفظية والوصفية وتحويلها إلى شكل رمزي. تسمح هذه الخطوة بتوفير الوقت والجهد وأماكن التسجيل ممّا يؤدي إلى تخفيف تكاليف عملية التسجيل.

ج. **تصنيف البيانات** data splitting، أي تقسيم البيانات إلى مجموعات متماثلة لخواص مشتركة، ويتم ذلك وفق الغرض من متطلبات تشغيل البيانات.

د. **تنقية البيانات** data verification، أي مراجعة وتحقيق صحة البيانات واكتمالها، وذلك للتأكد من سلامة البيانات المسجلة وخلوها من أي أخطاء؛ إذ أن البيانات هي أساس جميع العمليات التالية.

هـ. **تحويل البيانات** data transfer، وهي آخر نشاط في مهمة جمع البيانات، وتتمثل في تحويل البيانات من وسط تسجيل إلى وسط آخر من خلال جهاز الحاسب الآلي.

2.5. معالجة البيانات data processing

بعد تجميع البيانات وإدخالها لجهاز الحاسوب، تصبح جاهزة لعملية المعالجة وذلك بإدخال البيانات في النظام بواسطة وحدة المعالجة المركزية التي تعتبر أكثر مكونات الجهاز أهمية في نظام الحاسوب الآلي. تتم هذه العملية عبر الخطوات التالية:

أ. **مقارنة البيانات**، أي تحليل البيانات لمعرفة العلاقات المختلفة والقيم النسبية بين البيانات واكتشاف الحقائق المفيدة ذات المعنى.

ب. **تلخيص البيانات**، أي تركيز وتكشيف البيانات لإظهار النقاط الأساسية وذلك للوصول لمعلومات موجزة وملخصة.

ج. **فرز البيانات** وذلك بترتيب البيانات في بداية عملية المعالجة في شكل تتابع عددي أو أبجدي محدد مسبقا، أو تقسيمها إلى تصفيات متعددة لخدمة الأنشطة التالية في عملية المعالجة.

3.5. إدارة البيانات data management

تلعب عملية إدارة البيانات دوراً هاماً وفعالاً في تنظيم البيانات وتخزينها في صورة منظمة، بحيث تسهل عملية استرجاع البيانات في المستقبل وذلك من خلال:

- **تخزين البيانات**، أي أن البيانات والمعلومات المجمعة أو الناتجة من عملية المعالجة يتم تخزينها لاستخدامها فيها بعد.
- **تحديث البيانات:** إن جودة البيانات والمعلومات المخزنة في النظام تعتمد على التحديث والصيانة. تشتمل عملية التحديث على عدة أنشطة مثل: الإضافة، والحذف، والتصحيح، والتعديل.

4.5. استعادة البيانات

بعد إدخال البيانات ومعالجتها وإدارتها الرقمية، يمكن إعادة ما يراد من ملفات البيانات إلى مختلف المستخدمين بناءً على احتياجاتهم وذلك بوسائل مختلفة:

- العرض على الشاشة؛
- الطباعة على الورق؛
- الطباعة المجسمة (الثلاثية الأبعاد).

للقيام بذلك، عادةً ما يتم إنشاء بوابة مخصصة لإدارة وصول المستخدمين المتعددين إلى البيانات، بالإضافة إلى إمكانيات البحث المتعدد المعايير، بغية التأكد من وصول المستخدمين إلى البيانات بطريقة سلسة وآمنة.

6. العناصر الأساسية في نظم المعلومات

يملك كل نظام معلوماتي عناصر أساسية تتكامل فيما بينها، وذلك عبر مختلف المراحل التي تمر بها المعلومة في مختلف الأقسام المرتبطة بها. فيما يخص النظام المعلوماتي للمكتبة يمكن ذكر العناصر التالية:

1.6. العنصر البشري

يُشترط في العنصر البشري التدريب والتكوين والتأهيل للتمكن من التحكم في مختلف التطورات المؤثرة في مجال الخدمات المكتبية أو في مجال المعلومات بصفة عامة، وكذا التكوين المستمر في مجال النُظم.

2.6. التجهيزات والنظم الفنية

التجهيزات والنظم الفنية هي كل ما يتضمنه النظام من برمجيات تطبيقية لمعالجة وتخزين واسترجاع المعلومات.

3.6. المعلومات المراد إدخالها في النظم

المعلومات المراد إدخالها في النظم هي كل البيانات والمعلومات المتوفرة في الوثائق أو مختلف المصادر والمراجع التي يتم معالجتها وتصنيفها وتخزينها وتوفيرها للاسترجاع عن طريق النظم والبرمجيات، وذلك من طرف المتخصصين، ومختلف المتعاملين أو المستفيدين من النظم، سواء أفراد المجتمع الذي يستفيدون من مخرجات النظم أو الأفراد المساهمين في تسيير المعلومة، عن طريق النظم وذلك في مختلف المدخلات المستعان بها، والمقصود هنا بالدرجة الأولى أخصائيي المعلومات المؤهلين في مجال نظم المعلومات .

الخاتمة

نختم هذا المقال برفع ما قد يلتبس على البعض من أن الأتْمتة هي آلة ميكانيكية. إنّه وإن استمدت الأتْمتة أو الآلية تسميتها من الآلة، كونها نظاما استوحى جزءا كبيرا من أسسه من وظائف الآلة، فإنه ومع تطورات الإعلام الآلي الصناعي والذكاء الاصطناعي بشكل خاص، باتت بإمكان هذه الأنظمة، عن طريق الأجهزة الميكانيكية أو الهوائية أو الهيدروليكية أو الكهربائية أو الإلكترونية، أن تحلّ محلّ الإنسان في الكثير من المهام.

الأنظمة الأتمتية البسيطة أو المعقدة هي جزء من البيئة البشرية. إنها تتطور وتحتل مكانًا أكثر أهمية في حياتنا ككلّ بما فيها المهنية، من خلال طريقة عملها المبنية على السلاسة والدقة والسرعة، سواء في الإنتاج الصناعي أو في الخدمات. إننا نحاول أن نتفادى الكثير من أخطائنا وعيوبنا المهنية، من خلال برمجة أشياء تنوب عنا، أشياء لا تخضع لمؤثرات نفسية أو سلوكية عادة ما تكون السبب في قصورنا، ولا يتأتى ذلك إلا بالمزيد من البحث والتطوير في مجال الأتمتة والذكاء الاصطناعي.

ذكريات وتاريخ

من ذكرياتي ... وقفات في مسار المدرسة العليا للأساتذة بالقبة (1)

محمد الطيب سعداني
أستاذ متقاعد، بقسم الكيمياء، المدرسة العليا للأساتذة، القبة
mohammedtayeb.sadani@g.ens-kouba.dz

المقدمة

شهدت المدرسة العليا للأساتذة بالقبة تطوّرا ملحوظا منذ سنوات نشأتها الأولى في الستينيات من القرن المنصرم إلى أيامنا هذه -مطلع السنة الميلادية 2023- إن من حيث المهام أو من حيث عدد طلبتها وأساتذتها ومدة الدراسة بها ومرافقها البيداغوجية والبحثية. ونكتفي، كمؤشرات عن هذا التطور الهائل، بذكر أنّ عدد طلابها يبلغ اليوم، في السنوات الأولى وحدها 1676 طالبا ولم يكن يبلغ سنة إنشائها، سنة 1964، إلّا 60 طالبا؛ وأنّ لها اليوم - فضلا عن مرافقها البيداغوجية- أربعة عشر مخبر بحث، وقسما للعلوم الموسيقية (منذ 1983)، ولم يكن شيء من ذلك موجودا في الستينيات.

ولا يمكن لمقال في بضع صفحات أن يتّسع ليشمل تأريخ هذه الحقبة بكل تفاصيلها. ومن أجل ذلك لا ندّعي أنّ هذا المقال -الذي كتبناه بمناسبة الذكرى التاسعة والخمسين لإنشاء المدرسة، استجابة لطلب من أخينا الأستاذ أبي بكر سعد الله- تأريخا للمدرسة العليا للأساتذة بالقبة بالمعنى العلمي الدقيق للكلمة. فهو لا يعدو أن يكون سردا لما علق بذاكرتنا من أحداث (عشتها وأنا طالب بالمدرسة في أواخر الستينيات، ومدير للدراسات طوال أربع عشرة سنة من 1976حتى سنة 1990، السنة التي أسندت إلينا فيها مهمة إدارتها)، واعتمادا على عدد قليل من الوثائق الرّسمية وشهادات بعض قدامى طلبة المدرسة وموظفيها وعمّالها.

لقد بدا لنا بأنّه من الممكن -بالنظر للمنعطفات الحاسمة في مسيرة مدرستنا- أن نحصر المراحل التي مرّت بها بصورة تقريبية في أربع من المراحل:

- مرحلة النشأة من 1964 إلى 1971؛
- مرحلة التردد والبحث عن إثبات الذات من 1972إلى 1979؛
- مرحلة الإقلاع من 1980 إلى 1990؛
- مرحلة التوسّع الكمي والكيفي من 1990 إلى يومنا هذا.

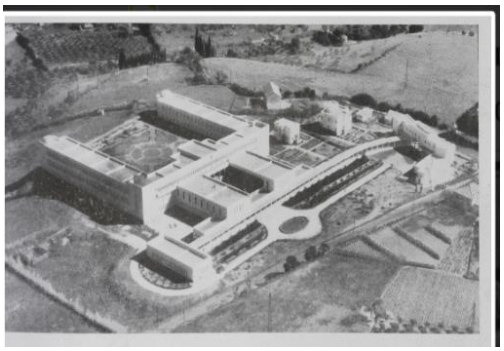
وسنقصر مقالنا هذا على الفترة الممتدة بين 1964، سنة إنشاء المدرسة، و1990، مركّزين بالخصوص على مرحلة النشأة الأولى أي من 1964 إلى 1971ومكتفين بذكر بعض أهمّ الأحداث، ذات الدّلالة من وجهة نظرنا، التي عاشتها المدرسة في المرحلتين اللتين عقبتاها.

ولا نبغي، أن نستهلّ مقالنا هذا إلّا بإجزاء كل آي الشّكر والعرفان للأستاذ عبد الحفيظ مصطفاي (1935-2006)، مدير المدرسة من سنة 1969 إلى 1990، رحمه الله، لما أحاطنا به من عناية خاصة وأنا طالب بالمدرسة، ولِما وضعه فينا من ثقة مطلقة لمّا كلّفنا بإدارة الدّراسات في مطلع السّنة الجامعية 1976-1977، ولما وجدنا عنده دوما من سند وتأييد. كما لا يفوتنا أن نزجي خالص عبارات الودّ والتقدير لروح أخينا المرحوم السيّد أحمد معراجي (1940-2021)، المشهود له بسماحة الخلق ونبل الخصال وسعة الصدر، فإنّنا لم نسمع منه طوال تولّيه نيابة مديرية الإدارة (أكثر من 30 سنة) إلّا الكلم الطيب. وأن نشيد بما قدّمه الرّجلان من جهد، بتفان وإخلاص مدة طويلة، لكي تصمد المدرسة العليا للأساتذة وترفع التحديات العديدة التي واجهتها.

ملاحظة: كلما ذكرت المدرسة فيما يلي من النص فإنّه يُقصد بها المدرسة العليا للأساتذة بالقبة.

1. التأسيس والموقع

لم تكن توجد في الجزائر، غداة استقلالها سنة 1962، مؤسّسة لإعداد أساتذة التعليم الثانوي كما هو الشأن بالنسبة لإعداد معلّمي المدارس الابتدائية حيث كان يوجد عدد منها في كبريات مدن القطر الجزائري والتي أنشئت جميعها إبّان العهد الاستعماري، وأقدم هذه المدارس مدرسة المعلمين ببوزريعة التي أنشئت بموجب مرسوم إمبراطوري بتاريخ 4 مارس 1865. ولسدّ هذه الحاجة شرعت مجموعة من الأساتذة في التفكير في مشروع إنشاء مدرسة عليا لتكوين أساتذة التعليم الثانوي العام (العلوم والآداب)، يُذكر من بينهم السّيّدان أحمد حميد بن سالم (1908-1973) وزهير إحدادان (1928-2018) [1]. وأثمرت جهود هذه المجموعة فتوجت -بناء على تقرير من وزارة الإرشاد القومي آنذاك- بإصدار المرسوم الرئاسي 64-134 بتاريخ 24 أفريل 1964، الذي بمقتضاه أنشئت "مدرسة عليا للمعلمين" بالعاصمة الجزائر. ولقد سميت هذه المدرسة بـ Ecole normale supérieure، وشاع اسمها بالعربية بالمدرسة العليا للأساتذة.



الصورة 1. منظر عام لمركز معطوبي الحرب

الصورة 2. مدخل مركز معطوبي الحرب

اتخذت هذه المدرسة مقرا لها مبنى بالقبة القديمة كان مأوى لمعطوبي الحرب منذ عام 1952، يدعى في العهد الاستعماري "بمركز معطوبي الحرب بإفريقيا الفرنسية" أي المستعمرة من طرف فرنسا Centre des Invalides de l'Afrique française [2] (الصورتان 1 و2). وكان ذلك بعد مغادرة آخر دفعة من معطوبي الحرب يوم 30 أكتوبر 1964. والمركز يتربع على مساحة تقدر بنحو 5040 م^2 ، ويمكنه إيواء 300 شخص من بينهم 240 في غرف فردية.

الصورة 3. مدخل المدرسة العليا للأساتذة، القبة

2. أوّل مدير للمدرسة

عُيّن السيد أحمد حميد بن سالم [3] مديرا للمدرسة بقرار من السيّد وزير التربية وتسلّم مهامه يوم 09 نوفمبر 1964، قبل أن يثبّت بمقتضى المرسوم الصّادر في 29 مارس 1966، ليكون بذلك أوّل مدير للمدرسة من يوم افتتاحها إلى مطلع السنة الجامعية 1969-1970(أكتوبر 1969).

الصورة 4. أحمد حميد بن سالم

والرّاجح أنّ تدشين المدرسة وتسميتها باسم الشخ البشير الإبراهيمي، رحمه الله، (الذي تُوفي يوم الخميس 20 مايو 1965) كان في مطلع السنة الجامعية 1965-1966 بحضور السيد العربي سعدوني (1923-1992)، وزير الأوقاف آنذاك. ولعله من المفيد ذكر أن السيّد أحمد حميد بن سالم عُيّن مباشرة بعد إنهاء مهامه بصفته مديرا للمدرسة رئيسا لجامعة الجزائر، المنصب الذي شغله حتى سبتمبر 1970، ليعيّن بعدها سفيرا للجزائر في الكونغو برازافيل إلى أن وافته المنية في 9 مارس 1973عن عمر ناهز 65 سنة. دفن، رحمه الله، في مقبرة سيدي امحمّد في 12 مارس 1973.

عرفتُ السيد بن سالم مديرا للمدرسة سنة 1967-1968. وإنّك إذا رأيته يمشي في رواق المدرسة بتؤدة، وقورا ذا مهابة، أعطاه الله بسطة في الجسم وفصاحة في اللسان باللغتين، العربية والفرنسية، لا يمكنك إلّا إكباره. لقد كان حريصا على الطلبة الأساتذة، يجتمع بمندوبي الأقسام في مكتبه ليطّلع على أحوالهم ونتائجهم ويبدي ملاحظاته ويسدي توجيهاته.

كانت الإدارة في عهد السيد بن سالم بسيطة تتلخص في المدير والأمين العام والمقتصد وعدد قليل من الموظفين. واللّافت للانتباه وجود مستشار تربوي فرنسي يدعى برت (Porte) فترة من الزمن.

وخلف السيد أحمد حميد بن سالم، الأستاذ عبد الحفيظ مصطفاي مديرا للمدرسة وثُبّت في هذه الوظيفة بمقتضى المرسوم الصّادر في 13 نوفمبر 1969 ليشغلها حتى 1990.

الصورة 5. عبد الحفيظ مصطفاي، وهو تلميذ في السنة النهائية بالثانوية، عام 1953-1954

3. مهام المدرسة وشروط الالتحاق بها

نصّ مرسوم إنشاء المدرسة السّالف الذكر على أنها مؤسسة عمومية وطنية للتعليم العالي تتمتّع بالاستقلال المالي وأنها مكلفة بإعداد أساتذة التعليم الثانوي العام(آداب وعلوم)، وأن المترشحين والمترشحات للمدرسة العليا -الذين هم بالضرورة من حملة شهادة البكالوريا- يخضعون لمسابقة كتابية وشفهية، ويستفيدون من مرتبات متدرجة بحسب سنوات الدّراسة مقابل إمضاء تعهّد بالعمل مدة أدناها خمس سنوات ابتداء من تاريخ تخرجهم في أي منصب يعيّنون فيه في مؤسسة ثانوية، وأنّ على من يخل منهم بهذا الالتزام أن يعيد لخزينة الدولة المبالغ التي تقاضاها، وأن مدة الدراسة ثلاث سنوات يُحضّر خلالها الطّلبة الأساتذة -تلك تسميتهم وفق المرسوم- ليسانس تعليم (licence d'enseignement) في حقل تخصصهم. كما يتلقون خلال هذه المدة تكوينا بيداغوجيا في المدرسة، ويُمنحون شهادة تخرّج تخولهم حق التوظيف بصفة أساتذة متدربين في مؤسسات التعليم الثانوي. نلاحظ أن كلمة licence كلمة من أصل لاتني (licentia) بمعنى الرخصة والسّماح بفعل شيء، يمكن ترجمتها بالإجازة الشائعة في الإرث الثقافي العربي.

ولقد حدّد المقرر الصادر في 15 نوفمبر 1964 شروط الالتحاق بالمدرسة، واللافت للانتباه فيها أن من بينها ألّا تقل سن المترشح للسنة الأولى عن 18 سنة، وأنه يمكن قبول رعايا البلاد الإفريقية (كان يوجد طالب بالمدرسة من جنسية كونغولية في أواخر الستينيات) بعد إذن وزير الإرشاد القومي، وأن المسابقة في التخصصات العلمية كانت تتضمّن مادة في الثقافة العامة (شرح نص) بمعامل 2.

ومن الجدير بالذكر أنه كان بإمكان الطلبة المتفوقين في نهاية السنة الثالثة أو الرّابعة، أو الطلبة الذين أبانوا عن استعداد للبحث العلمي، أن يعفوا من الالتزام بالتعليم في الثانوي طيلة 5 سنوات لتحضير شهادة الدكتوراه على ألّا نتعدى نسبتهم 15%. كما تجدر الإشارة إلى أنّ النظام المعتمد عموما في المدرسة هو النظام الداخلي لكل الطلبة إلّا استثناء مبررا.

ونذكر أنّه قد التحق بالمدرسة في سنة افتتاحها الأولى، أي في أكتوبر 1964، ستون طالبا في العلوم والآداب من بينهم خمس عشرة طالبة، بعد مسابقة كتابية وشفوية، منهم ثلاثة وأربعون في السنوات الأولى وسبعة عشر في السّنوات الثانية. ونُشرت أسماؤهم في الجريدة الرسمية رقم 103 الصادرة بتاريخ 15 ديسمبر 1964.

وظلت قوائم الطلبة الأساتذة الناجحين في مسابقة الالتحاق بالمدرسة تُنشر بالجريدة الرّسمية حتى سنة 1968-1969. والملاحظ أنّ مجموع الطّلبة المقبولين بالمدرسة في السّنوات الأولى لم يتجاوز قط 65 طالبا، وأنّه كان يُقبل عدد من الطلبة في السنوات الثانية وحتّى في السنوات الثالثة، وأن مجموع الطلبة في المدرسة لا يتجاوز 240 طالبا وطالبة.

ولقد كان بوسع الطلبة الأساتذة الذين يدرسون أساسا بالجامعة المركزية، كل حسب تخصصه، إمّا في كلية العلوم أو كلية الآداب، الاستفادة من دروس للتعمّق في المعارف، أغلبها كان بالمساء، يقدمها لهم بالمدرسة بعض من يختارون من أساتذتهم بالجامعة بقاعات ما كان يسمّى بالمبنى البيداغوجي. نذكر من بين هؤلاء الأساتذة على سبيل المثال: الأستاذ رشيد توري (1928-1993) رحمه الله، في الرياضيات؛ والأستاذ عبد العزيز براح والأستاذ كوبارير Caubarere في الفيزياء؛ والأستاذ جايوزو Gaillozo في كيمياء الكم.

4. التكوين البيداغوجي [4]

لم تكن مختلف أنواع ليسانس التعليم، رغم ما توحي به تسميتها، تتضمن محتويات ذات صبغة مهنية كعلم النفس وعلوم التربية الضرورية في التكوين لمهنة التعليم. وكان هذا الوضع من وراء دعوة الطلبة الأساتذة إلى تخصيص

سنة للتكوين التربوي، ولم يلبث أن استجيب طلبُهم فتابع الطلاب الّذين أحرزوا على شهادة الليسانس (طلاب الدفعة الأولى) سنة رابعة خلال السنة الجامعية 1967-1968. وكان ذلك بقرار وزاري قبل صدور المرسوم 425-68 في 26 جوان 1968، المحدّد لمدة الدراسة بالمدرسة والوضعية الإدارية للطلبة الأساتذة والذي جاء فيه على الخصوص: "مدة الدراسة أربع سنوات، السنوات الثلاث الأولى منها مخصّصة لنيل الليسانس والسّنة الرّابعة مخصصة للتكوين التربوي النظري والتطبيقي للطلبة الأساتذة." وهكذا تخرّجت الدفعة الأولى، التي التحقت بالمدرسة في 1964، في جوان 1968.

وفي نفس السياق، أي الحرص على التكوين المهني والبيداغوجي، طالب الطلبة الأساتذة بتخصيص ثانوية تطبيقية وبُنيت لهذه الغاية، في سنة 1970، الثانوية المسمّاة اليوم بثانوية الأخوين حامية والتي كان من المزمع أن يجمّع فيها أكثر أساتذة التعليم الثانوي خبرة في كل المواد لضمان تأطير تطبيقي جيد لخريجي المدرسة، لكن ذلك لم يتجسّد ميدانيا مع تغيّر النظرة إلى تكوين أساتذة التعليم الثانوي في مطلع السبعينيات.

وجدير بالملاحظة أن وزارة التربية، تحت وطأة الحاجة الملحة لأساتذة لتأطير التعليم الثانوي، ألغت السّنة الرابعة بصفة استثنائية السّنة الجامعية 1969-1970، قبل أن تُلغى رسميا بمقتضى المرسوم 71-229 المؤرخ في 25 أوت 1971.

5. المبنى البيداغوجي (bloc pédagogique)

المبنى البيداغوجي هو مبنى مكوّن من طابق تحتي وطابق أرضي وطابقين اثنين، به عدد من القاعات الدراسية والمخابر و"غُرَيْفات" صغيرة تسمى بـ les turnes، فيها سبورة وكراسٍ وطاولات، كان بعض الطلبة الأساتذة يستغلونها للمراجعات الجماعية خصوصا أيّام الامتحانات. وكانت قاعات هذا المبنى تحتضن، علاوة على دروس التعمق في مواد الاختصاص التي أشرنا إليها سابقا، دروس علوم التربية وعلم النفس المبرمجة في إطار السنة الرابعة.

ولقد أنجزت هذا المبنى شركة الأشغال الفرنسية لما وراء البحار «sotrafoum» وذلك في إطار اتفاقيات التعاون بين الجزائر المستقلة وفرنسا، في بداية السنة الجامعية 1966-1967. وبهذا المبنى أُغلقت الجهة الخلفية المفتوحة من المدرسة (الصورة 1).

وتلا هذا، في بداية السبعينيات، ما بين 1970 و 1971، بناءُ ما يُعرف اليوم بالمدرّج القديم والجناح E (حيث توجد اليوم مكاتب الأساتذة ومديريات الأقسام) المعدّ لغاية إيواء الطلبة؛ وقسم النشاطات الثقافية (هو اليوم قسم العلوم الموسيقية)؛ والإقامة الجامعية وكان ذلك من قِبل وزارة التربية الوطنية، الوزارة الوصية آنذاك. كما تجدر الإشارة إلى أنه أنجز في نفس الآونة تقريبا عدد من القاعات الجاهزة (أنجزتها الشركة الوطنية للفلين)، وكان يدرس بها طلبة العلوم السياسية. ونشير إلى أن مصدر كل المعلومات المتعلقة بالتوسع في البناء هو السيد عبد الحفيظ تشيكو الذي كان عاملا بالمدرسة منذ نهاية الستينيات إلى أن تقاعد.

6. معنى الانتساب إلى المدرسة في الفترة 1964-1971

أسلفنا أنّ الطلبة الأساتذة يتابعون دراساتهم الأساسية، محاضرات وأعمالا موجهة بجامعة الجزائر. وكان دور المدرسة البيداغوجي منحصرا في دروس التعمق في المواد (التي لم تكن إجبارية) ودروس السنة الرابعة (التي لم يكن يعر لها الطلبة عموما كبير اهتمام). ويحق للمرء حينئذ أن يتساءل عن معنى الانتساب إلى المدرسة الذي يعتز به طلبتها، إنه يجد بلا شك جذوره في تلك الحياة الجماعية التي يتيحها النظام الدّاخلي الذي ألحّ عليه، بالتأكيد عن قصد، واضعو النصوص القانونية.

إن هذا النظام هو الذي هيّأ المناخ لنشأة روح جماعية وتعاضد بين الطلبة الأساتذة الذين كانوا نخبة متميزة، يعرف بعضهم البعض ويحترم بعضهم البعض على اختلاف مشاربهم وانتماءاتهم الفلسفية. وإننا لا نخال أننا نجانب الصواب إن قلنا بأنّ هذه الحياة الجماعية بما تتيحه من لقاءات بين طلبة، قليل عددهم، من مناطق مختلفة من الوطن ومن تخصصات مختلفة هي فرص ثمينة لتغذية روح التنافس والإبداع. ومما يساعد على مثل هذه اللقاءات الخلاقة المبدعة هي المرافق الموجودة بالمدرسة.

7. مرافق المدرسة

1.7. المكتبة

تقع المكتبة القديمة للمدرسة في الرواق (مصلى الطّلبة اليوم)، وكانت من بداية الخمسينيات إلى أكتوبر 1964 قاعة للرياضة لمعطوبي الحرب. فتحت المكتبة أبوابها في جانفي 1965 وأسهمت بعض السفارات في تزويدها بالكتب مثل:

- سفارة فرنسا، بـ 8000 كتاب في الآداب والعلوم والثقافة العامة؛
- سفارة المملكة البريطانية (المجلس الثقافي البريطاني British Council)، بنحو 100 كتاب في اللسانيات.

وتولّى الإشراف على ترتيب الكتب، في بداية الأمر، طلبة أساتذة متطوّعون منهم الطالبة وردية كسري (فيزياء) وسعدي بوشلوش (علوم طبيعية) ونادية بن مصباح (آداب فرنسية). وكان أول من استعار كتابا في علم الحيوان الطالب الأستاذ محي الدين بومزة يوم 18جانفي 1965. وكان ذلك قبل أن تُعيَّن السيدة لوروا Leroy، بصفة متعاونة، كمسؤولة خلال مدة قصيرة لم تتجاوز السّنة ليعوّضها السيد عبد العظيم، فالسيد عبد الحميد سحيب ابتداء من ديسمبر1966، وهو الذي زوّدنا بكل المعلومات الخاصة بالمكتبة.

وكانت قاعة المطالعة بالمكتبة فضاء للطلبة، تراهم فيه منهمكين في قراءة بعض الموسوعات والدوريات. ولا يندر أن تجد في الكتب المستعارة تعليقات الطلبة، لاسيما طلبة الفروع الأدبية والفلسفية، بقلم رصاص على هامش صفحة كتاب.

2.7. المصلى

أول مصلى بالمدرسة كان بالمكان الذي يسمّى اليوم بالمخزن ومركز الهاتف في أواخر الستينيات.

3.7. المطعم والرواق

كان المطعم تحت إشراف إدارة المدرسة ومكانه حيث توجد الآن الإدارة 2. كانت الوجبات الغذائية فيه، حتى بداية السبعينيات، تقدم للطلبة الأساتذة وهم جلوس حول المائدة، وكانت ساعات تناول الغذاء فرصا لتبادل الآراء ووجهات النظر حول مسائل ثقافية وعلمية. وإنّنا لنذكر مشي الطلبة الأقدم منا، مثنى مثنى، أو ثلاث ثلاث، بعد طعام العشاء، جيئة وذهابا، يتبادلون أطراف الحديث، في رواق المدرسة قبل التوجّه إلى غرفهم لمواصلة الدّراسة والمراجعة.

وبطبيعة الحال فإنّه كان يوجد في المدرسة ملعب صغير ومصحة وناد، وكل المرافق الصحية، وحتى غرفة ببوابة المدرسة يتلقى فيها الطلبة رسائلهم.

الصورة 6. رواق المدرسة

8. الجو الثقافي

كان يسود في أواخر الستينيات في المدرسة جو ثقافي من صنع عدة نواد منها:

- ناد للسينما والمسرح، وينشّطه مجموعة من طلبة اللغة والآداب الفرنسية (قويسم، بهلول، بن بابا علي سعدان، أمينة صحراوي، حجاج)؛
- وناد للتصوير الفوتوغرافي؛
- ونواد فكرية أخرى.

وكانت تُقام بالمدرسة من حين لآخر أمسيات شعرية وتظاهرات ثقافية.

9. من "طقوس" المدرسة

كان الطلبة الأساتذة الجدد، الملقبون بـ"الزرق" «Les Bleus» من قِبل الطلبة القدامى، يخضعون في بداية كل سنة إلى ما يسمّى بالـ bizutage، وهو مجموعة من الممارسات يفرضها عليهم من تقدمهم من الطلبة بحكم تقليد معهود متعارف عليه في المدارس العليا، ويَقبله الجدد بدرجات متفاوتة من الرضى، لئلا نقول على مضض عموما. وتتمثل هذه الممارسات في الطلب منهم بالقيام ببعض الأعمال، مثل حساب مساحة نادي المدرسة آنذاك بوحدة أعواد الكبريت، أو إحضار ضفدعة في عربة يدوية، أو تمثيل دور مسرحي وإلقاء قصيدة على إيقاع معين، إلخ. أمّا أنا فلقد سئلت عن نتيجة العملية 1+1 وكان جوابي على الفور اثنين، قيل أخطأت، فأجبت "زوج"، قيل أخطأت، فأجبت deux، قيل لي أخطأت، وماذا تفعل بالمثنى فالجواب واحدين وتبعها ضحك. كما طُلب مني أن أمثّل مسرحية تتلخص في حوار بين زوجين مترادفين على دراجة في يوم ريح عاصف حول شؤون البيت. وأذكر أن القصة انتهت بضحك لمّا قلت

بأنني لا أستطيع أن أشتري شيئا للبيت لأن المدرسة لم تصرف لنا بعد شبه الرّاتب. ولعله يكون من أهداف هذه الطقوس التي استمرت حتى أواخر الستينيات رمزية مفادها قبول الطالب الجديد ضمن طلبة المدرسة.

10. المدرسة أوّل مؤسسة جامعية توفر لطلابها النقل

كان الطلبة الأساتذة، الذين كما أسلفنا يتابعون دراساتهم بجامعة الجزائر، يتنقلون بين الجامعة المركزية والمدرسة بواسطة وسائل النقل العمومية بتخفيضات تصل إلى 50%. ونظرا للوقت الطويل الذي كان يضيع في انتظار الحافلات العمومية وطول مدة تنقلها، طالب ممثلوهم بتوفير وسائل نقل خاصة بالطلبة فاستجابت لهم إدارة المدرسة ووفرت حافلتين جديدتين سنة 1969، أسمى الطالب الأستاذ الحبيب الهاشمي أولاهما بـ «J'attends» (أنتظرُ) وثانيتهما بـ «J'arrive» (أنا آتيةٌ). وهكذا كانت المدرسة **أول مؤسسة جامعية** سبّاقة في توفير النقل لطلبتها.

للنكتة نذكر بالمناسبة أن المرحوم عيسى حاج سعيد، الذي كان طالبا في التاريخ، أخبرنا بأنه قدّر أن الوقت الذي يقضيه في الحافلات وفي انتظارها نحو 6 أشهر في سنوات الدراسة الأربع، ومن أجل ذلك قرر صرف هذا الوقت في اصطحاب كتاب للمطالعة.

11. من أهم نشاطات المدرسة : الاحتفال بالذكرى العشرين للمدرسة

أحيت المدرسة الذكرى العشرين لتأسيسها وكان من مقاصد إحياء هذه الذكرى ترسيخ تقليد من شأنه ربط الصلة بين مختلف الأجيال من خريجي المدرسة على أن تتكرر بصفة دورية، وحالت الأحداث التي شهدتها البلاد في التسعينيات دون ذلك.

ونذكر أنّ الشارة المميزة للمدرسة (الصورة 6) كانت من صنع الأستاذ مسعود خلفوهم (الذي كان أستاذ رياضيات بثانوية حسيبة بن بوعلي، وكان قبلها طالبا بالمدرسة بقسم الرياضيات في أواخر السبعينيات متميزا بمواهبه في مجال الخط العربي والرّسم). وكان ذلك بمناسبة إحياء الذكرى العشرين لإنشاء المدرسة، في شهر أفريل 1984. وفي هذا السّياق نذكر أنّ أحد أساتذته، الأستاذ محمد العيد قادري، هو الذي قدّمه لإدارة المدرسة وعرّفها بمواهبه. وفيما بعد، تبنّت هذه الشارةَ جمعيةُ تاريخ الرياضيات بالمدرسة، إذا صار يظهر في منشوراتها وملتقياتها.

الصورة 7. شعار المدرسة

ولقد أسندت مهمة تنظيم مراسيم إحياء الذكرى إلى الأستاذ قداري غشام، وهو من قدامى طلبة المدرسة في العلوم الطبيعية (التحق بالمدرسة في نوفمبر1967). وتجدر الإشارة إلى أنّ السيد قداري، الذي علّم فترة بالمدرسة، قد شغل منصب مدير عام لمركز الدراسات والبحث التطبيقي وتطوير الصيد البحري وتربية الأحياء المائية حتى سنة 1992، ودُعي بعدها لمهام أخرى.

مراجع

[1] http://www.mcmmto.dz/article.php?post=1497
[2] https://athar.persee.fr/doc/chana_1111-858x_1955_num_19_1_1028
[3] http://sidielhadjaissa.over-blog.com/2017/07/qui-a-entendu-parler-de-si-hamid-bensalem.html
[4] سعداني، محمد الطيب، التكوين التربوي والمهني لأساتذة العلوم في الجزائر، مراحل تطوّره منذ الاستقلال وآفاق تجديده في مطلع الألفية الثالثة، رسالة المجلس الأعلى للتربية، عدد خاص أفريل 1999.

الصورة 8. صورة جماعية لتلاميذ السنة النهائية (شعبة الرياضيات Math-Elem)، معظمهم أوروبيون. أخذت الصورة خلال السنة الدراسية 1953-1954 بثانوية بيجو Bugeaud سابقا (الأمير عبد القادر، حاليا) قرب ساحة الشهداء بالعاصمة. ويظهر في الصف الأخير (الثاني، من اليمين إلى اليسار) المرحوم عبد الحفيظ مصطفاي، المدير الأسبق للمدرسة العليا للأساتذة-القبة، وعمره لم يتجاوز 19 سنة.

مسألة تصنيف العلوم عند المسلمين وغيرهم (2)

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

مقدمة

حاولنا في الجزء الأول من هذا المقال، المنشور في العدد 5 من مجلة بشائر العلوم، الإجابة عن التساؤلات التالية:

ما المقصود بالتصنيف عامة وتصنيف العلوم خاصة؟ وهل يُعَدُّ تصنيف العلوم علما؟ وما هي خصائصه وموقعه من الخريطة المعرفية؟ ثم ما هي المعايير المعتمدة في تصنيف العلوم؟ وما هي فوائد تصنيف العلوم؟ وهل عرفت الحضارات القديمة فكرة تصنيف العلوم قبل فلاسفة اليونان؟ وما هو تصنيف العلوم عند اليونان والرومان؟

ونحاول في هذا الجزء الثاني والأخير الإجابة عن التساؤلات التالية:

هل عرف المسلمون تصنيف العلوم؟ وكيف كانت حركة التأليف في هذا المجال؟ وهل كان العلماء المسلمون مجرد نقلة عن فلاسفة اليونان، أم كانت لهم بصماتهم الخاصة في هذا العلم؟ وما هي التيارات الكبرى التي ميّزت تصنيف العلوم عند المسلمين؟ وما هي تصنيفات العلوم عند الأوروبيين والأمريكان في العصر الحديث؟ ونتبعها بقراءة إحصائية في تصنيفات العلوم منذ أرسطو إلى غاية نهاية القرن العشرين.

1. تصنيف العلوم عند المسلمين

يُعدّ علم تصنيف العلوم "واحدا من أهم المباحث العلمية التي ازدهرت بشكل ملحوظ في الحضارة الإسلامية، فقد أصبح بعد فترة وجيزة من انطلاق الحركة العلمية في المجتمع العربي الاسلامي، علما قائما بذاته له مبادئه وأصوله وأهدافه، بالإضافة إلى ممثليه من العلماء والفلاسفة والمفكرين، الذين تصدوا للتعريف به، وبيان مقاصده، وطرقه، ومناهجه في تنظيم المعرفة وحصر مجالاتها وأوجه تحصيلها، وكذا مسالك ترتيبها أصولا وفروعا وأجزاء." [4]

1.1. حركة التأليف في تصنيف العلوم

إنّ حركة التأليف في هذا العلم امتدت من منتصف القرن الثاني الهجري على يد جابر بن حيان إلى ما بعد بداية القرن الرابع عشر الهجري، كما تشير إلى ذلك أبرز المؤلفات التالية، بحسب تسلسلها التاريخي: [8]

- رسالة الحدود لجابر بن حيان (منتصف القرن الثاني الهجري)؛
- رسائل الكِندي (ت. 260هـ)؛
- إحصاء العلوم للفارابي (ت. 339هـ)، وله أيضا "التنبيه على سبيل السعادة"؛
- رسائل إخوان الصفا وخلان الوفا (منتصف القرن 4هـ)؛
- الفهرست لابن النديم، أُلّف سنة 377هـ؛
- مفاتيح العلوم للخوارزمي (ت. 387هـ)؛
- رسالة في أقسام العلوم العقلية، لابن سينا (ت. 428هـ) وله أيضا كتاب "الشفاء"؛
- رسالة مراتب العلوم لابن حزم (ت. 456هـ)؛

- طبقات العلوم للأبيوردي، (ت. 507هـ)؛
- الأمالي من كل فن للزمخشري (ت. 538هـ)؛
- حدائق الأنوار وحقائق الأسرار لفخر الدين الرازي (ت. 606هـ)؛
- إرشاد القاصد إلى أسنى المقاصد لمحمد بن ساعد الأنصاري المعروف بابن الأكفاني (ت. 749هـ)؛
- المقدمة لابن خلدون (ت. 808هـ)؛
- كتاب في موسوعات العلوم للبِسطامي (القرن 9هـ)؛
- المطالب الإلهية لمولى لطف الله (ت. 900هـ)؛
- أنموذج العلوم لجلال الدين الدَّوّاني (ت. 920هـ)؛
- مفتاح السعادة ومصباح السيادة في موضوعات العلوم لطاش كبري زادة (ت. 968هـ)؛
- فهرست العلوم لحافظ الدين العجمي (ت. 1055هـ)؛
- كشف الظنون عن أسامي الكتب والفنون لحاجي خليفة (ت. 1068هـ)؛
- القانون في أحكام العلم وأحكام العالم وأحكام المتعلم للحسن بن مسعود اليوسي (ت. 1112هـ)؛
- كشاف اصطلاحات الفنون للتهانوي الفاروقي، فرغ من تأليفه سنة 1158هـ؛
- أبجد العلوم لصديق بن حسن القِنَّوجي (ت. 1307هـ).

2.1. تيارات تصنيف العلوم

إن الكتابات في تصنيف العلوم عند المسلمين، التي امتدت لعدة قرون، يغلب عليها تياران اثنان أحدهما تقليدي والآخر أصيل.

فالتيار التقليدي تمثل في أغلب الكتابات، التي ظهرت في بداية الاهتمام بهذا العلم عند المسلمين، والتي كان التأثر فيها بفلاسفة اليونان واضحا، مثل كتابات الكندي والفارابي وإخوان الصفا وابن سينا وغيرهم، إلا أنهم ليسوا على طريقةٍ واحدة، بل يتفاوتون تفاوتًا كبيرًا في ذلك، فلكل منهم طريقته في تصنيف العلوم. [2] و[3]

التيار الأصيل هو التيار الذي نما بعدما تجاوز المسلمون الاطلاع على ثقافة اليونان، ولذلك كان التركيز على التصنيف انطلاقاً من البيئة الإسلامية، فكان تتبع المعرفة من الواقع الإسلامي أكثر مما هو تقليد لليونان، فابتكروا مناهج جديدة مرتكزة على المغايرة والتميز. وقد مثّل هذا التيار جابر بن حيان وابن النديم والخوارزمي وابن حزم وابن الأكفاني، وابن خلدون وغيرهم. وكانت مراعاة البعد الشرعي واضحة عند هذا التيار من خلال استيعاب عملية التصنيف لجميع العلوم الإسلامية، وهم لم يسلكوا طريقا واحدا في تصنيف العلوم بل تفاوتت طرائقهم. [2] و[3]

وفيما يلي نعرض تصنيفين للعلوم، الأول لابن سينا ممثلا للتيار التقليدي، والثاني للخوارزمي ممثلا للتيار الأصيل.

3.1. تصنيف العلوم عند ابن سينا

ولد أبو علي الحسين بن عبد الله بن سينا الملقب بالشيخ الرئيس ببخارى، وتنقل بعد ذلك إلى أصفهان. تعلم الآدب والفقه وعلوم القرآن والمنطق والهندسة وهو في سن مبكرة. مارس الطب، وترجم وألّف كتبا كثيرة. كتب في الحركة والطاقة والفراغ والضوء والحرارة والكثافة، وله رسالة متقدمة في المعادن، وكتب عن النفس والإلهيات. كان شاعرا، وأتقن الفلسفة وحاول التوفيق بينها وبين الدين. [3]

قسّم ابن سينا العلوم إلى قسمين كبيرين:

- **الأول:** خصصه لما يسميه بـ "العلوم النظرية المجردة" وتتضمن عنده ثلاثة أقسام:
  - العلم الأسفل، ويسميه "العلم الطبيعي".
  - العلم الأوسط، ويسميه "العلم الرياضي".
  - العلم الأعلى، ويسميه "العلم الإلهي".
- **الثاني:** ويسميه "العلوم العملية" وجعلها في ثلاثة أقسام:
  - علم الأخلاق؛
  - علم تدبير المنزل؛
  - علم السياسة المدنية. [4] و[2]

"إن المتأمل في هذا التصنيف الذي وضعه ابن سينا يجد أنه لم يزد شيئاً عما فعله أرسطو، ولذلك عُدّ هذا النموذج وغيره في تصنيف العلوم تقليداً لأرسطو، والذين ساروا في هذا الاتجاه عُدّوا من التيار التقليدي." [2]

4.1. تصنيف العلوم عند ابن خلدون

ولد عبد الرحمن بن محمد بن خلدون بتونس وتوفي في القاهرة. درس المنطق والفلسفة والفقه والتاريخ. وهو سياسي ومؤرخ مشهور بمقدمته التي ذكر في الباب السادس منها العلوم وأصنافها.

صنّف ابن خلدون العلوم إلى صنفين:

- صنف **طبيعي** يهتدي إليه الإنسان بفكره.
- وصنف **نقلي** يأخذه عمن وضعه.

ويقصد بالصنف الأول **العلوم الحكمية الفلسفية** المكتسبة بالمدارك الفكرية التي تمكّن من معرفة موضوعاتها وبراهينها، والتمييز بينها.

أما الصنف الثاني فهي **العلوم النقلية الوضعية**، وهي كلها مستندة إلى الخبر عن الواضع الشرعي، ولا مجال فيها للعقل إلا في إلحاق الفروع من مسائلها بالأصول. [1] وهي مبينة في الجدول الآتي:

جدول رقم 1: تصنيف العلوم النقلية عند ابن خلدون [5]

العلم	فروعه
علوم اللسان	علم اللغة، علم النحو، علم البيان، علم الأدب
علوم القرآن	القراءات، فن الرسم، التفسير
علوم الحديث	علم الناسخ والمنسوخ، علم الأسانيد، علم غريب الحديث، علم تصريف القوانين، علم مصطلح الحديث
علوم الفقه	علم أصول الفقه، علم الفقه
علم التوحيد- علم الكلام- علم التصوف- علم تعبير الرؤيا	

أما **العلوم العقلية** عنده، أو "**علوم الفلسفة والحكمة**" كما يسميها، فهي "غير مختصة بملّة، بل بوجه النظر فيها لأهل الملل كلها، ويستوون في مداركها ومباحثها، وهي موجودة في النوع الإنساني منذ كان عمران الخليقة." [1]. وتشتمل على أربعة علوم، والجدول الآتي يبينها مع فروعها:

جدول رقم 2: تصنيف العلوم العقلية عند ابن خلدون [5]

العلم	فروعه
علم المنطق: "يعصم الذهن عن الخطأ في اقتناص المطالب المجهولة من الأمور الحاصلة المعلومة. وفائدته تمييز الخطأ من الصواب فيما يلتمسه الناظر في الموجودات وعوارضها، ليقف على تحقيق الحق في الكائنات بمنتهى فكره."	
العلم الطبيعي: "النظر... في المحسوسات من الأجسام العنصرية والمكونة عنها من المعدن والنبات والحيوان والأجسام الفلكية والحركات الطبيعية والنفس التي تنبعث عنها الحركات وغير ذلك."	-**علم الطب** -**علم الفلاحة**
العلم الإلهي: "النظر في الأمور التي وراء الطبيعة من الروحانيات."	
علم التعاليم: "الناظر في المقادير."	-**علم الهندسة** : الهندسة العامة، وهندسة الأشكال، والمساحة، والمناظر -**علم الحساب "الأرتماطيقي"**: براهين الحساب، وصناعة الحساب، والجبر، والمعاملات، وعلم الفرائض -**علم الموسيقى** -**علم الهيئة** : علم الأزياج، وعلم الأحكام النجومية

وتجدر الإشارة إلى أن ابن خلدون اعتبر "هذه الأصول الأربعة للعلوم الفلسفية، قبل أن يعود ليحصرها في سبعة أقسام مرتبة غير الترتيب الأول، حيث أعطى للمنطق مكانة متقدمة على غيره، ثم الفروع الأربعة لعلم التعاليم (علم العدد، والهندسة، والهيئة، والموسيقى)، وتليها الطبيعيات، ثم الإلهيات. وبعد ذلك فصّل في كل علم من هذه العلوم؛ فسرد من الطبيعيات علم الطب، ومن علم العدد علم الحساب والفرائض والمعاملات، وذكر من الهيئة الأزياج ومن فروعه علم الأحكام النجومية." [5]

نلاحظ مما سبق ذكره أن "ابن خلدون في تصنيفه للعلوم لم يكن مقلّدا للتصنيف الأرسطي القائم على أساس نظري ومعيار التجريد، بل انطلق من الواقع في تصنيفه غير ملتفت إلى تقسيم الفلاسفة" [9]، وأن "العلوم عند ابن خلدون ترجع إلى الفكر الطبيعي الموجود في الانسان بوصفه انسانا أو إلى الأخذ عن الأنبياء الذين تلقوا الوحي من عند الله تعالى واهب الفكر والعقل للإنسان، فلا تتفاضل العلوم عنده بل تتكامل." [9]

2. تصنيف العلوم عند الأوروبيين

في القرنين السادس عشر والسابع عشر الميلادي، "شهدت أوروبا تغيرات كبيرة من حيث الطرح الفكري وتناول العلوم الطبيعية وتطبيقاتها، فهوت الفلسفة الكلامية وبزغت الفلسفة الإنسانوية التي أقامت الفلسفة خصماً للدين، وتحدّت قواعد المنطق والميتافيزيقا وتحيزت إلى اللغة والشعر والأدب. وصاحب تيار الفلسفة الإنسانوية ما يسمى بحركة

الإصلاح الديني التي بدأها مارتن لوثر Martin Luther (1483-1546) ثم جان كالفن Jean Calvin (1509-1564). وكانت هذه الحركة من أسباب تمزق الروح الجمعية الدينية في أوروبا، وأبدلتها بتعزيز النزعات القومية، وظهرت مذاهب وأطروحات فكرية تسعى للتخلص من سلطة الكنيسة الفكرية، وأثرت هذه الأطروحات والحركات على أبعاد كثيرة في المجتمعات الأوروبية." [3]

"وفي القرن السابع عشر بدأ ظهور فلاسفة العلوم الأوروبيين مثل فرانسيس بيكون Francis Bacon (1561-1626) ورينيه ديكارت René Descartes (1596-1650) وتوماس هوبز Thomas Hobbes (1588-1679). وامتد ذلك إلى القرن الثامن عشر الذي يسمونه عصر التنوير الذي حدثت فيه الثورة الفرنسية، واجتاحت بعض التيارات الفلسفية والفرضيات العلمية أوروبا مثل فلسفة إيمانويل كانت Emmanuel Kant (1724-1804) ثم جورج هيجل Georg Hegel (1770-1831)، وفرضية التطور التي وضعها تشارلز داروين Charles Darwin (1809-1882) في القرن التاسع عشر. وأثّر كل ذلك على تناولهم للعلوم وتصنيفهم لها." [3]

ومن أهم العلماء والفلاسفة الأوروبيين الذين ساهوا في تصنيف العلوم، نذكر الفيلسوف والسياسي الإنجليزي فرانسيس بيكون، والفيلسوف والعالم الفرنسي المعروف رينيه ديكارت ، والفيلسوف المادي والسياسي الإنجليزي توماس هوبز، والفيلسوف الألماني كريستيان فولف Christian Wolff (1679-1754)، والفيلسوف الألماني جورج هيجل، والعالم الفيزيائي والطبيب الأسكتلندي نايل أرنوت Neil Arnott (1788-1874)، وعالم الاجتماع الفرنسي أوغست كونت Auguste Comte (1798-1857)، والعالم والفيلسوف الإنجليزي ويليام ويول William Whewell (1794-1866)، والعالم النفساني والفيلسوف الإسكتلندي ألكسندر بين Alexander Bain (1818-1903)، والفيلسوف وعالم المنطق الفرنسي إدموند غوبلو Edmond Goblot (1858-1935)، وعالم النفس والفيلسوف السويسري جون بياجي Jean Piaget (1896-1980). [14]

وعلى سبيل المثال نعرض، فيما يلي، تصنيفين للعلوم، أحدهما لفرنسيس بيكون والآخر لأوغست كونت.

1.2. تصنيف العلوم عند فرانسيس بيكون

صنّف الفيلسوف والسياسي الإنكليزي فرانسيس بيكون العلوم من حيث قوى الإنسان في إدراكها إلى ثلاثة قوى هي: الذاكرة، وموضوعها التاريخ؛ والمخيّلة، وموضوعها الشعر؛ والعقل، وموضوعه الفلسفة. وتقسيمه التفصيلي هو كالتالي:

1. **التاريخ** (علوم الذاكرة)، وينقسم إلى قسمين:
   أ. التاريخ الطبيعي:
   - حقائق الطبيعة وأفعالها؛
   - التطور غير الطبيعي وغرائب المخلوقات؛
   - الفنون: تاريخ التجارب والآلات.

   ب. التاريخ المدني:
   - التاريخ المدني الخالص وأفعال الانسان؛
   - التاريخ الكنسي؛
   - تاريخ الآداب والممارسات الدينية؛
   - تاريخ التعليم.

2. **الشعر** (علوم المخيّلة):
   - الشعر القصصي وشعر الملاحم؛
   - الشعر المسرحي والتمثيلي؛
   - الشعر الوصفي؛
   - الشعر الرمزي والخرافي.
3. **الفلسفة** (علوم العقل):
   - الفلسفة الأساسية؛
   - المبادئ والأخلاق؛
   - اللاهوت الطبيعي.

وتكمن أهمية تصنيف فرانسيس بيكون أنها أثّرت على التصنيفات الكبرى في المكتبات وتقسيمات العلوم في أوروبا وأمريكا سواء أخذت أطروحاته كما هي أو عدّل عليها، [3] و [11].

2.2. تصنيف العلوم عند أوغست كونت

إن تصنيف عالم الاجتماع الفرنسي، ومؤسس المذهب الوضعي في الفلسفة، أوغست كونت، مرتبط بما يسمى قانون الحالات الثلاث، أو الطرق الثلاث التي يسلكها العقل الإنساني في البحث وهي [3]:

أ. الطريقة اللاهوتية: تفسير الظواهر الطبيعية بإرجاعها إلى الأسباب الخارقة للعادة.

ب. الطريقة الميتافيزيقية: تفسير الظواهر المستعصية على التجربة بفرض ميتافيزيقي، وهي تعديل على الطريقة اللاهوتية.

ج. الطريقة الوضعية: إخضاع الظواهر لبعض القوانين، أي أن موضوع العلم ليس فهم العِلل الأولى أو الغائيات بل موضوعه هو العلاقات بين الظواهر.

ويرى كونت أن الشرط العام لتصنيف أي علم هو أن يجتاز المرحلتين اللاهوتية والميتافيزيقية ويصل إلى المرحلة الوضعية الخالية من الغائية. وقد صنّف العلوم ورتّبها حسب درجتها من البساطة والتجريد نزولا، ومقدار تعقيدها وتشابكها صعودا إلى ستة، على النحو التالي [3] و [10]:

1. الرياضيات:
   - الرياضيات المجردة: الحساب؛
   - الرياضيات الحسّية: الهندسة والميكانيكا؛
2. الفلك:
   - الظواهر الهندسية والظواهر الميكانيكية؛
3. الفيزياء:
   - الجاذبية، الحرارة، الصوت، البصريات، الكهربية، المغناطيسية؛
4. الكيمياء؛
5. الأحياء؛
6. علم الاجتماع.

وتجدر الإشارة إلى أنه، "على الرغم من أن المساهمات العربية في مجال تصنيف العلوم تعدّ مساهمات نوعية متميزة، فإن أغلب الدارسين الغربيين الذين اهتموا بالتأريخ للعلوم، أو بتتبع مراحل التأليف في هذا الموضوع، قد تجاهلوا تجاهلا غير مبرر وغير موضوعي، الإشارة إلى دور المساهمات العربية في تطوير علم التصنيف بصفة عامة، بل إنهم أقصوها من مجال التاريخ، حيث انطلقوا من التجربة اليونانية ممثلة فيما عرف عن أفلاطون وأرسطو، وقفزوا على المؤلفات العربية وتخطوها ليصلوا مباشرة إلى المؤلفات الغربية التي ظهرت في أوروبا منذ بداية النهضة الغربية كما تجسّدت في أعمال روجر بيكون Roger Bacon (1219-1292) وفرنسيس بيكون وغيرهما." [8].

وهناك من يرى أن بعض العلماء والفلاسفة الغربيين قد أخذوا بعين الاعتبار تصنيفات العلوم للعلماء المسلمين، لكن دون الإشارة الصريحة لذلك، ومن أمثال هؤلاء فرانسيس بيكون، الذي استعار مصطلحات من نصير الدين الطوسي، الذي وضع تصنيفا للعلوم في عام 670هـ، مثل الرياضيات الخاصة أو البحتة والرياضيات المختلطة وفروعها، [3].

3. تصنيف العلوم عند الأمريكان

"في القرن الثامن عشر بدأت ملامح التصنيفات الأمريكية، ووُضعت أسس ومبادئ للتصنيف المكتبي وأجريت الدراسات، ونشرت المكتبات فهارسها مثل فهرس جامعة هارفارد Harvard الذي نُشر عام 1723 وضم 3500 مجلدا وفق خطة تصنيف تدعى جي نسبةً إلى Joshua Gee. وتضمنت هذه الخطة تسعة أقسام هي: اللاهوت، التشريع، التاريخ المدني، التاريخ الطبيعي، الفلسفة، الفيزياء، اللغة، الرياضيات، البصريات، العلوم البحرية، الطب.

ويُعدّ صمويل جونسون Samuel Johnson (1696-1772) أول أكاديمي تصنيفي في أمريكا. وهو واضع كتاب التصنيف الذي استعمل فيه التصنيف الثنائي، فقسّم العلوم إلى مجموعتين:

- ما يتصل بالكلام أو اللغة، وقسّمها عامة وخاصة؛
- ما يتصل بالأشياء أو الفلسفة، وقسّمها إلى الأجسام والمواد.

ثم ضمّن هذه الأقسام فروعًا، مثل الرياضيات والتاريخ الطبيعي والميكانيكا والجيولوجيا والفلك والنجوم. وتوالت بعد ذلك التصنيفات الخاصة بالمكتبات سواء كانت خاصة أو عامة." [3].

1.3. أسس نظم التصنيف الأمريكية

والأسس التي قامت عليها نُظُم التصنيف الأمريكية ترجع إلى أربعة أصول ([3]):

- تصنيف فرنسيس بيكون والتعديلات التي تمت عليه؛
- النظم التصنيفية المحلية، مثل تصنيف الجمعية الأمريكية للفلسفة؛
- تصنيف جاك شارل برونيه Jacques Charles Brunet ، الذي ظهر لأول مرة عام 1804، وكان منافسا قويا لتصنيف بيكون، نقده الكثيرون واشتُقت منه تصنيفات كثيرة منها: تصنيف استيفن إليوت Stephen Elliott عام 1826 الذي استخدمته مكتبة شارلستون.
- التصنيف التطوري، القائم على ترتيب الموضوعات وفق نظام ظهورها في التاريخ أو الطبيعة، وتدرجها من الذرة إلى الجزيء ومن الخلاء إلى الحياة. ومن التصنيفات التطورية نذكر تصنيف بيتر لسلي Peter Lesley الذي ظهر عام 1862.

وفي العقود الثلاثة الأخيرة من القرن التاسع عشر ظهرت تصنيفات أخرى، مثل تصنيف الفيلسوف الأمريكي ويليام هاريس William Harris الذي كان متأثرا بأفكار هيجل.

2.3. تصنيف مكتبة الكونجرس

تُعدّ مكتبة الكونجرس من أكبر وأغني مكتبات العالم، تضم جل ما ينشر في العالم من مصادر المعلومات، وتأسست في 24 أبريل عام 1800 لتقديم خدمات المعلومات لأعضاء حكومة الولايات المتحدة في واشنطن العاصمة.

اعتمدت مكتبة الكونجرس في البداية على طرق بسيطة لتصنيف مجموعاتها مثل التصنيف بالحجم أو استخدام الأرقام المتسلسلة للكتب. ولكن هذه الطرق لم تعد مناسبة لعملية التصنيف نظرا لزيادة أعداد المجموعات التي تملكها المكتبة، مما أدى إلى الحاجة إلى نظام تصنيف آخر يتلاءم مع هذه الزيادة، فظهر أول تصنيف موضوعي عام 1812 مبني على أساس فلسفة بيكون في تقسيم العلوم.

ولكن في 1814 تم حرق المكتبة عن طريق القوات البريطانية ليقضي هذا الحريق على هذا التصنيف. وبعد هذا الحريق تمت عملية إعادة بناء المكتبة، التي ضمت في ذلك الوقت مجموعة مكونة من 6487 وعاء كانت مملوكة للرئيس الأمريكي توماس جيفرسون Thomas Jefferson، ومصنفة حسب التصنيف الذي وضعه الرئيس الأمريكي بنفسه، والمكون من 44 قسما، مبني على أساس تصنيف بيكون.

ومن ثم بدأ التفكير في استحداث نظام جديد يتوافق مع النمو الكبير لمقتنيات المكتبة على أن يكون هذا التصنيف قوي البناء، ومرنا ليواكب التطور الرهيب في زيادة أعداد مقتنيات المكتبة. وكانت هذه هي البداية الحقيقة لتصنيف مكتبة الكونجرس الحالي، وكان ذلك في عام 1897. ثم عرفت مكتبة الكونجرس تصنيفات عديدة إلى أن استقر الأمر على التصنيف الحالي، المبين في أقسام القائمة التالية [7] و [12]:

- المعارف العامة A.
- الفلسفة والدين B .
- العلوم المساعدة للتاريخ C .
- التاريخ العام والتاريخ القديم D .
- تاريخ أمريكا E & F .
- الجغرافيا والأنثروبولوجيا G .
- العلوم الاجتماعية H .
- العلوم السياسية J .
- القانون K .
- التربية والتعليم L .
- الموسيقى M .
- الفنون الجميلة N .
- اللغات والآداب P .
- العلوم Q .
- الطب R .
- الزراعة S .
- التكنولوجيا T .
- العلوم العسكرية U .
- العلوم البحرية V .
- الببلوغرافيا وعلم المكتبات Z .

3.3.تصنيف ديوي العشري

وضع هذا التصنيف الأمريكي ملفل ديوي (1851-1931) Melvil Dewey، وهو أول نظام تصنيف من نظم تصنيف المكتبات بالمعنى الحديث وأكثرها شهرة في نفس الوقت، ولقي قبولا واسعا في المكتبات الأمريكية. وقد صدرت الطبعة الأولى منه عام 1876.

ويقوم هذا النظام على تقسيم المعرفة البشرية إلى عشرة أقسام رئيسية ويتفرع كل واحد من الأقسام الرئيسية إلى عشرة شعب تمثل التفريعات الرئيسية للموضوع. كما أن كل شعبة تتفرع بدورها إلى عشرة شعب حسب طبيعة الموضوع، وهكذا ينقسم كل فرع إلى عشرة وبذلك يمكن أن يستمر التقسيم العشري إلى ما لا نهاية .ويخضع نظام ديوي العشري للتطوير والتنقيح بشكل مستمر بهدف مواكبة الاحتياجات المتطورة في الحصول على المعلومات من المكتبات التقليدية أو في الاوساط الإلكترونية. ويتضمن التحديث المنقح على نسختين إحداهما تقليدية وأخرى إلكترونية، [6].

4. قراءة إحصائية في تصنيفات العلوم

أحصى الباحث السويسري رافاييل ساندوز Raphaël Sandoz 255 تصنيفا للعلوم منذ أرسطو (384–322 ق.م) إلى جون بياجي (1896-1980) [14]. وعندما نرتبها، حسب بلدان أصحابها، ترتيبا تنازليا من حيث عدد تصنيفات العلوم، نحصل على الجدول التالي:

جدول رقم 3: ترتيب البلدان حسب عدد تصنيفات العلوم

الرقم	البلد	عدد تصنيفات العلوم	الترتيب		الرقم	البلد	عدد تصنيفات العلوم	الترتيب
1	فرنسا	48	1		15	إيران	2	14
2	إيطاليا	44	2		16	أيرلندا	2	16
3	ألمانيا	42	3		17	كرواتيا	2	16
4	إنكلترا	27	4		18	أفغانستان	1	18
5	الولايات المتحدة الأمريكية	17	5		19	الأندلس، إسبانيا حاليا	1	18
6	اليونان	12	6		20	التشيك	1	18
7	سويسرا	11	7		21	المجر	1	18
8	بلجيكا	8	8		22	المكسيك	1	18
9	إسبانيا	7	9		23	الهند	1	18
10	اسكتلندا	7	9		24	أوزبكستان	1	18
11	هولندا	5	11		25	صربيا	1	18
12	بولندا	5	11		26	فنلندا	1	18
13	روسيا	4	13		27	لاتفيا	1	18
14	العراق	2	14		ملاحظة: مجموع عدد تصنيفات العلوم للبلدان الإسلامية هو 7.			

نستنتج من الجدول السابق أن:

- تحتل فرنسا المرتبة الأولى في هذا الإحصاء، والمرتبة الأخيرة تتقاسمها 10 بلدان من بينها 3 بلدان إسلامية (أفغانستان والأندلس وأوزبكستان).
- العراق وإيران يتقاسمان المرتبة 14، كأحسن مرتبة للبلدان الإسلامية.
- مجموع عدد تصنيفات العلوم للبلدان الإسلامية (العراق: الكندي وابن الهيثم، إيران: الفارابي والغزالي، أفغانستان: الخوارزمي، الأندلس: ابن حزم، أوزبكستان: ابن سينا) هو 7.
- لكن هذا المجموع (7) لا يعكس العدد الحقيقي لمجموع تصنيفات المسلمين في العلوم، الذي تجاوز 22 تصنيفا على الأقل كما أوردناه في فقرة حركة التأليف في تصيف العلوم عند المسلمين، من هذا المقال، مما يدل على جهل أو تجاهل الباحث السويسري رافاييل ساندوز ببقية تصنيفات العلوم عند المسلمين، مما يَغْمِط حقهم في هذا الحقل المعرفي.

خاتمة

إن فكرة تصنيف العلوم، في صورتها البدائية، كانت معروفة لدى الحضارات القديمة، ثم اتضحت معالمها على يد فلاسفة اليونان. ويعود الفضل إلى العلماء المسلمين الذين تنبهوا الى أن تصنيف العلوم علم قائم بذاته، بعد استيعابهم للتراث اليوناني في مسألة تصنيف العلوم، فوضعوا له تعريفا وحددوا مكانته ضمن الخريطة المعرفية.

وتصنيف العلوم عمل منهجي، يرمي إلى تنظيم العلوم وإحصائها وتوضيح العلاقات التي تربط بينها، وبيان موضع كل علم من الآخر في بناء المعرفة، وهو وسيلة من أهم الوسائل المعتمدة في التعليم والتعلم لتحقيق الأهداف التعليمية والتربوية المطلوبة.

مراجع

[1] ابن خلدون، عبد الرحمن، المقدمة، دار الفكر للطباعة والنشر والتوزيع، بيروت، 2003.

[2] العمري، مرزوق، تصنيف العلوم عند المسلمين، مجلة الجامعة الأسمرية، العدد 16، السنة 9، 2012، 289-303. [3] الهندي، أنس، ملخص تصنيف المعارف والعلوم عبر العصور لفوزي خليل خطيب. www.academia.edu

[4] بلهوشات، الزبير ورحايلي، محمد، فلسفة تصنيف العلوم في الحضارة الإسلامية التأسيس والنتائج المعرفية، مجلة المعيار، 25 (3)،2021، 301-324.

[5] بنحمادة، سعيد، تصنيف العلوم بين المشرق والمغرب خلال العصر الوسيط: نماذج مقارنة، عصور الجديدة، 7 (27)، 2018، 61-82.

[6] تصنيف ديوي العشري https://ar.wikipedia.org/wiki

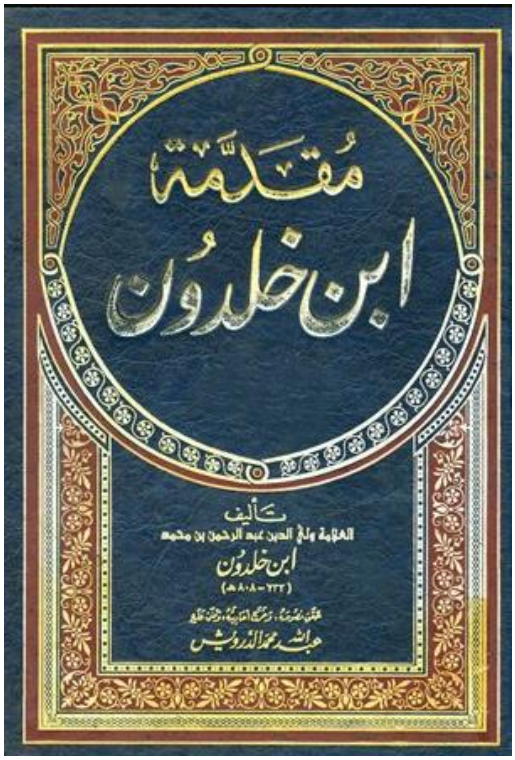
[7] تصنيف مكتبة الكونغرس https://ar.wikipedia.org › wiki

[8] حمدي، عبد القادر، تصنيف العلوم عند العرب، 2013. http://saoudane.blogspot.com

[9] عدار، يوسف، واقعية تصنيف العلوم عند ابن خلدون ومدى إبرازه للتكامل بينها، مجلة البحوث العلمية والدراسات الإسلامية، 10، 2015، 43-65.

[10] Comte, Auguste, Cours de philosophie positive, Hermann, Paris, 2 vol., 1975.
[11] Kikukawa, Sachiko, "Bacon's classification of knowledge", in The Cambridge Companion to Bacon, Cambridge University Press, pp. 47–74, 1996.

[12] Library of Congress Classification,
https://en.wikipedia.org/wiki/Library_of_Congress_Classification
[13] Dewey Decimal Classification,
https://en.wikipedia.org/wiki/Dewey_Decimal_Classification
[14] Sandoz, Raphaël, Interactive Historical Atlas of the Disciplines, University of Geneva.
https://atlas-disciplines.unige.ch



تعليميـــــة

حول تاريخ الرياضيات في الكتاب المدرسي للطور المتوسط بالجزائر

محمد مرابط
أستاذ بقسم الرياضيات، جامعة حسيبة بن بوعلي، الشلف
merabetmohamed02@gmail.com

"إن تاريخ العلم هو العلم نفسه." يوهان غوته Johann Goethe (1749-1832)

تصدير

يُعد تأليف الكتب من أشرف المهن؛ فهو يتطلب من المُؤلّف أن يكون راسخاً في ذلك العلم مشهودا له بذلك، واسع الاطلاع بما كُتب في مجاله وما يُنتج في زمانه، وأن تكون له خبرة معتبرة وتجربة فعلية في الميدان التعليمي. وإذا كان هذا هو حال تأليف الكتب عامة، وما ينبغي توفره في مؤلفيها، فإن تأليف الكتاب المدرسي ينبغي أن نوليه العناية والاهتمام الزائدين لأنه من أكثر الوسائل التعليمية استغلالاً بين المُعلم والمُتعلّم.

وحتى يبلغ الكتاب المدرسي في الرياضيات للطور المتوسط بالجزائر المستوى الأرقى، ودِدنا في هذا العرض أن نشير إلى أهم ما جاء في كتب الرياضيات للطور المتوسط بالجزائر من تاريخ خاص بالرياضيات؛ لما لهذا الموضوع من أهمية في استيعاب الدروس، وحتى يدرك المُعلم والمُتعلّم أن الفضل لمن سبق لا لمن سرق في كثير من الاكتشافات التي نسبها الغرب لنفسه، وأنّ المسلمين لم يكونوا مجرد وسيلة لنقل الحضارة بل كانوا مبدعين في سائر ميادين العلوم وخاصة في الرياضيات، ولم تنقصهم لا الثقة بالنفس ولا الجرأة على النقد، بل كانوا ممن نشروا العلم في وقت كانت أوروبا غارقة في ظلمات القرون الوسطى.

1. أهمية تاريخ الرياضيات في تدريسها

يقول الفيلسوف اليوناني أرسطو (384-322 ق.م) Aristotle "إذا كنت ترغب في فهم أي شيء فارصد بدايته وتطوره"، وهنا نجد إشارة واضحة لأهمية تاريخ أي مفهوم في فهمه. وهو نفس الطرح الذي ذهب إليه كاجوري (1859-1930م) Florian Cajori في مقدمة كتابه الموسوم بـ **تاريخ الرياضيات** A History of Mathematics، بتبنيه لمقولة الرياضياتي والفلكي الإنجليزي جليشر (1848- 1928م) James Whitbread Lee Glaisher الشهيرة القائلة "أنا متأكد من أنه لا توجد أية مادة تخسر أكثر من الرياضيات من جراء أية محاولة لفصلها عن تاريخها."

ولقد بين ونغ كين هو Weng Kin Ho في مقال له موسوم بـ Using history of mathematics in the teaching and learning of mathematics in Singapore بأن توظيف تاريخ الرياضيات في المناهج الدراسية يمكن أن يحقق ما يلي:

1. زيادة حافز الطلاب وتطوير موقفهم الإيجابي تجاه الرياضيات.
2. المساعدة في شرح الصعوبات، وتفادي الارتباك الذي يواجهه الطلاب من خلال تحليل تطور الرياضيات.
3. تعزيز تنمية مهارات التفكير الرياضياتي لدى الطلاب من خلال استخدام المشاكل التاريخية.
4. الكشف عن الجوانب الإنسانية من المعرفة الرياضياتية.
5. استخدام حياة الرياضياتيين كمنصة لإدخال وغرس القيم الأخلاقية الجيدة مثل الصدق والاجتهاد والعزيمة.

6. توفير قوالب يمكنها أن تساعد مُدرسي الرياضيات عند إعداد دروسهم.

وفي مقال آخر لـ ميخائيل فريد Michael N. Fried بعنوان

Can mathematics education and history of mathematics coexist?

أوضح أن هناك جانبا سلبيا وآخر إيجابيا في إدراج التاريخ (تاريخ الرياضيات) مع الرياضيات، ويلزم أن يكون هناك توازن بين الإفراط والإهمال في تدريس الرياضيات انطلاقاً من تاريخها.

ومن بين الأسباب التي تجعل من تاريخ الرياضيات أمرا مهما في تدريسها نجد أن:

- تاريخ الرياضيات يساعد على فهم ديناميكية الرياضيات وأن الرياضيات عُدّلت ووُسّعت من خلال حل المشاكل والأخطاء والشكوك والحدس.
- يرسخ تاريخ الرياضيات اعتماد الموضوعية في الرياضيات مستندة إلى منطق استنتاجي صارم، وأنها تعتبر على الدوام مثالا يعتد به في صلابة مواقفها الصحيحة.
- اعتماد الشك حول كل ما فيها طريقا إلى اليقين وعدم وجود حقيقة رياضية مطلقة تامة بنفسها.
- الأفكار الرياضية تراكمية البناء، لها امتدادات وتشابكات مع بعضها بعض، ولا يستقيم واحد ويصمد طويلا بنفسه بل يمد أذرع المؤازرة لغيره، كما يستعين بآخر غيره بدون فضل لواحد على آخر، وأكثر من ذلك افتقار كل واحد إلى الآخرين.
- الفكر الرياضي إنساني من حيث أنه كان من جميع وإلى جميع الناس، ومن ناحية عدم خضوعه لسلطة أي شخص أو قوم أو فترة زمنية عدا ما ألزم به من قواعد المنطق والاستنتاج.
- مهما كان دور الفرد في الريادة فهو جزء من هذا الكيان المعرفي، لا يمكنه التغريد خارج هذا السرب بل حتما يبقى وعلى الدوام جزءا من صدى هذا الفكر الإنساني.
- الاختلاف في الرأي المستند على حجج عقلية ومنطقية صحيحة، قد لا يفسد الرأي المضاد أو المناظر والمستند على حجج عقلية ومنطقية صحيحة، فقد يكونان كلاهما، وغيرهما، صحيحا أيضا.
- لا غرور في العلم، فقد برهن تاريخ العلم فساد نظريات كانت لعمالقة الفكر الرياضي ووُضعت نظريات من قبل أفراد لم يكد يُذكر لهم باع في الفكر الرياضي مقارنة بمعاصريهم.
- الإبداع مستقل عن العمر، فهناك العديد من الرياضياتيين أبدعوا بشكل مذهل في أعمار مختلفة كالألماني غاوس (1777-1855م) Carl Friedrich Gauss عندما كان طفلا؛ والسويسري أويلر(1707-1783م) Leonhard Euler في بداية شبابه؛ والإنجليزي نيوتن Isaac Newton (1642-1727م) عندما استمر بعطائه.
- الإبداع والريادة تصقلهما المواهب والجهد والصبر، وجهد السابقين والمعاصرين في أي موضوع هو كبير جدا يستحق عالي التقدير على الصبر والمطاولة والإبداع.
- لا نجوم في الإبداع الرياضي، والرياضيات تبقى دائما متحدية رغم وجود جهابذة فيها، فمعظم الرياضياتيين الكبار قد عجزوا عن حل مشاكل في حقل اختصاصهم وُضعت من قبَلهم أو من قبَل آخرين وقد تمكن آخرون من حلها في عصرهم أو بعدهم.
- إن تاريخ الرياضيات يساهم في رسم الصورة الحقيقية عن الرياضيات.
- إن تاريخ الرياضيات يشير إلى أن معظم الإنجازات كانت بدافع الحاجة أو التفسير وقليلا ما يكون الإبداع نتيجة لترف فكري.

وفي السياق ذاته حول أهمية توظيف تاريخ الرياضيات في تدرسيها، يرى الأستاذ سعد الله أبو بكر خالد (مجلة العلوم والتكنولوجيا في عددها التجريبي) أنه إذا كانت "هناك تباينات كبيرة في آراء خبراء المناهج فإنهم يُجمعون بأن توظيف تاريخ الرياضيات عنصر أساسي في عملية التعلم مهما كان اتجاهها"، ويؤكد على أهمية استيعاب المفاهيم الرياضياتية بمعرفة تاريخها بقوله "لا شك أنّ التلميذ إذا ما تفطن إلى كل أو جل العراقيل والعقبات التي مر بها إنشاء العدد الذي يجده في كل مكان اليوم سوف يساعده ذلك على استيعاب قواعده وخواصه".

وكخلاصة لما سبق نجد أن إدراج تاريخ الرياضيات في تدريسها أصبح أكثر من ضرورة إذا ما أردنا أن نرفع مستوى تلاميذنا وطلابنا وإزالة أسباب عزوفهم عن دراستها والتخصص فيها.

2. ملاحظات حول تاريخ الرياضيات في كتب التعليم المتوسط:

1.2 كتاب السنة الأولى متوسط

اشتمل كتاب الرياضيات للسنة الأولى متوسط على أربعة عشر درساً، منها ثمانية دروس في الحساب (أو الجبر) والبقية في الهندسة. وكل محور يشمل في بدايته نافذة صغيرة سميت عناصر من تاريخ الرياضيات تدور حول تاريخ العلوم بصورة عامة، وتاريخ الرياضيات بصورة خاصة.

لعل من أهم عناصر تاريخ الرياضيات صانعوه من علماء وعباقرة وهذا ما قلّ ذكره في كتاب السنة الأولى متوسط، إذ نجد اسمين فقط من العلماء المسلمين هما غياث الدين الكاشي (1380-1429م) والخوارزمي (781-847م)، هذا الأخير أخذت صورة التمثال المنسوب له مساحة أكبر من التعريف به. أما باقي مقدمات الدروس الأخرى فتطرقت بشكل مختصر جدا وغير كاف، وبأسلوب غير شائق لنظام العد القديم وتطوره عبر مختلف الحضارات، والمربعات السحرية دون ذكر ابن قنفد القسنطيني (1339-1407م) وإنجازاته في مجال المربعات السحرية.

كما تطرق مؤلفو الكتاب إلى السنة الكبيسة ولم يشيروا إلى أي إسهامات لأي عالم من الحضارة العربية الإسلامية أو حتى الغربية في المجال. وهذا هو حال ساعة الفيل (مع صورة لمجسم لها) الموجودة في كتاب الحيل للجزري (1026-1136م) فلم تُذكر أي تفاصيل حول مكانها أو سنة بنائها ومن أمر بتشييدها. ومن بين الصور التاريخية الموجودة بالكتاب صورة لمدينة تيمقاد الواقعة بمدينة باتنة مرفقة بفقرة معنونة بـ "الهندسة في خدمة المدن"، وصورة أخرى لمخطط للمدينة المذكورة أعلاه عسير على المعماري فهمه، وحتى الفقرة غير مشوقة في أسلوبها ولا تعكس عنوانها.

ومن بين ما تطرق إليه مؤلفو الكتاب شكل خلية النحل. وفي هذا الصدد نجد في الصفحة 165 الجملة "أثبت علماء الرياضيات أن من بين المضلعات التي تحد مساحة معطاة، فإن السداسي المنتظم هو المضلع الأصغر محيطا". واضح أنها ترجمة مباشرة والترجمة الحرفية لا تؤدي المعنى المقصود في كثير من الأحيان.

في الأخير نشير إلى أن هناك على الأقل ثلاثة دروس لم تشمل أي عنصر من تاريخ الرياضيات الذي أشار إليه واضعو الكتاب في الصفحة الخاصة بكيفية استعماله.

2.2 كتاب السنة الثانية متوسط

احتوى كتاب الرياضيات للسنة الثانية متوسط على اثني عشر درساً، نصفها في الهندسة والباقي عبارة عن دروس في الحساب (الجبر) وشيء من التحليل.

وفي بداية كل درس توجد نافذة صغيرة تسمى عناصر من تاريخ الرياضيات أو من علاقتها بالواقع. لكن ما يلفت الانتباه أن بعض العناصر الخاصة بتاريخ الرياضيات تم إدراجها في كتاب السنة الأولى بتغير في الصيغة فقط، مثل صورة مدينة تيمقاد بباتنة الموجودة في بداية الدرس الثاني عشر، والنُبذة التاريخية الخاصة بالمدينة قد تم التطرق لها في الدرس العاشر من كتاب السنة الأولى ليس بنفس الصيغة لكن كان من الأحرى تحاشي التكرار.

نفس الشيء يتكرر مع الدرس السادس حول إسهامات الكاشي فيما يخص العدد π، نجده مذكورا في كتاب السنة الأولى في الدرس الرابع أي أن هناك تكرارا لسرد نفس المعلومات. تكررت ظاهرة إعادة سرد نفس المعلومات مع الخوارزمي حيث نجده مذكورا في أول درس من الكتاب، مع العلم أنه تم التطرق إليه في الدرس السادس من كتاب السنة الأولى.

أما فيما يخص باقي عناصر تاريخ الرياضيات التي تم إدراجها في بداية كل درس فغاب عنها عنصر التشويق في سردها كمثيلاتها في كتاب السنة الأولى.

3.2 كتاب السنة الثالثة متوسط

تضمّن كتاب الرياضيات للسنة الثالثة متوسط ثلاثة عشر درساً، منها ستة دروس في الهندسة والباقي عبارة عن دروس في الحساب والجبر وشيء من التحليل. والكتاب كسابقيه يحوي نافذة صغيرة تسمى عناصر من تاريخ الرياضيات أو من علاقتها بالواقع، لكن لم يسلم من تكرار ذكر الأعلام، نجد مثلاً أن الكاشي الذي ذُكر في الدرس الثاني من الكتاب، ذُكر كذلك في الدرس الرابع من كتاب السنة الأولى والدرس السادس من كتاب السنة الثانية.

زيادة على ما سبق نجد في الدرس الرابع مقتطفا من مداخلة الأستاذ التونسي الذائع الصيت مهدي عبد الجواد في الملتقى المغاربي السابع حول تاريخ الرياضيات العربية المنعقد بمدينة مراكش المغربية، الموجهة أساسا للطبقة الباحثة في تاريخ العلوم بصفة عامة وتاريخ الرياضيات بصفة خاصة، فكيف بتلميذ السنة الثالثة أن يدرك ما جاء في ذلك المقطع من المداخلة؟

في الدرس الخامس نلاحظ وجود نبذة عن الخوارزمي الذي تعدد ذكره في كتب السنوات السابقة، مع ذكر للمعادلات من الدرجة الثالثة والرابعة غير المقررة في كل برامج المتوسط.

4.2 كتاب السنة الرابعة متوسط

اشتمل كتاب الرياضيات للسنة الرابعة متوسط على أربعة عشر محوراً، ستة منها في الهندسة والباقي عبارة دروس في الحساب والجبر وشيء من الإحصاء والتحليل.

ولم يسلم كتاب السنة الرابعة من تكرار ذكر بعض أعلام الرياضيات الذين تم التطرق إليهم في النُبذ التاريخية لكتب السنوات السابقة مع غياب التطرق لتاريخ الرياضيات في ثلاثة دروس من الكتاب.

وفي النُبذة التاريخية الموجودة في الدرس الخامس نلاحظ ذكر مصطلح معادلة جبرية ذات الدرجة الثانية، هنا نشير إلى أن هذا النوع من المعادلات غير مقرر في محتوى برامج الرياضيات للطور المتوسط.

إضافة إلى كل ما ذُكر سابقا فيما يخص الكتب الأربعة في الرياضيات للطور المتوسط، نلاحظ أنه في النبذ التاريخية الموجودة في بداية كل درس لا توجد طريقة موحدة في سردها، مرة يُكتب اسم العالم كاملا بالعربية أو بلغة بلده الأصلي، ومرة أخرى يُكتفى بالترجمة العربية للاسم دون اللقب أو العكس.

3. أهمية وجود تاريخ الرياضيات في بداية الدروس أو نهايتها

يرى بعض المؤرخين أن تاريخ العلم هو العلم نفسه، كما أن معظم علماء النفس والتربية يرون "أن الحكايات الخفيفة الشيّقة الموجهة الهادفة من أقوى وسائل التربية." انطلاقا من هذه الفكرة كان من المفروض أن يساهم بعض الأساتذة الجامعيين المختصين بتاريخ العلوم بصفة عامة، وتاريخ الرياضيات بصفة خاصة في إثراء الكتاب المدرسي بنُبذ تاريخية حول سِيَرْ بعض عمالقة الرياضيات من عرب ومسلمين وغيرهم من باقي الحضارات، ورصد أهم إنجازاتهم ومساهمتها في تطور بقية العلوم على مدى عصور.

ونظرا لأهمية تاريخ الرياضيات في تدريسها، فقد طلبت الحكومة الصينية سنة 1949م (تاريخ استقلال الصين) من المؤرخين الصينيين في الرياضيات المساهمة في إعداد كتب مدرسية جديدة وإبراز مساهمة علماء الصين في الرياضيات. أما في فرنسا فأنشأت سنة 1969م معاهد البحوث في تعليم الرياضيات Instituts de recherche sur l'enseignement des mathématiques. تقوم هذه المعاهد بأبحاث تهتم بتاريخ الرياضيات وتوصي بإدراجها ضمن البرامج المدرسية. فلمَ لا نسلك نفس طريق الصين وفرنسا في إدراج تاريخ الرياضيات في مناهجنا التربوية وكتبنا المدرسية؟ نقول هذا في ظل توفر مخابر وهيئات وكفاءات وطنية مختصة في تاريخ العلوم بصفة عامة وتاريخ الرياضيات بصفة خاصة.

والجدير بالذكر أن هناك عديد المؤلفات والتراجم التي تسرد بين صفحاتها سيَرا ذاتية أو تعاريف مختصرة لعلماء حضارتنا العربية والإسلامية بشكل شائق للقارئ المختص أو غيره، كان يمكن لمُؤلّفي الكتب المدرسية في الرياضيات أن ينهلوا منها القدر الذي يرونه مناسبا لمستوى تلاميذ الطور المتوسط. من هذه الكتب نذكر على سبيل المثال لا الحصر:

- كتاب **شمس العرب تسطع على الغرب**، وهو عبارة عن كتاب رائع للباحثة والمستشرقة الألمانية زيغريد هونكه (1913-1999م) Sigrid Hunke، نُقل إلى العربية من طرف كل من بيضون فاروق ودسوقي كمال وراجعه الخوري مارون عيسى. يشمل هذا الكتاب أهم إنجازات العرب والمسلمين في شتى العلوم ومساهمة تلك الإنجازات في نهضة أوروبا.
- كتاب **معجم مشاهير المغاربة** الذي أعدته فرقة بحث بجامعة الجزائر سنة 1995م، تحت إشراف كل من أبو عمران الشيخ وناصر الدين سعيدوني. وهو عبارة عن موسوعة لأهم مشاهير المغاربة (من المغرب العربي الكبير والأندلس) عبر العصور.
- كتاب **الأعلام** لخير الدين الزِركلي، والذي يضم الكثير من التراجم عبر الزمان لعلماء تركوا بصماتهم في مختلف العلوم بإنجازاتهم واكتشافاتهم.
- كتاب **أعلام الحضارة العربية الإسلامية** للمؤرخ السوري زهير حمدان، والذي يضم العديد من تراجم الأعلام الذين مروا على الحضارة العربية الإسلامية من الشرق نحو الغرب.
- كتاب **نصوص مختارة من علم العدد** لصاحبه الباحث التونسي مهدي عبد الجواد والصادر عن منشورات الجمعية التونسية للعلوم الرياضية. يضم هذا الكتاب بين طياته عديد الإنجازات في مجال علم العدد لعلماء مسلمين وغير مسلمين.
- كُتب الأستاذ الجزائري الذائع الصيت أحمد جبار، نذكر منها:
  1. **العلوم العربية في عصرها الذهبي**
  2. **علماء الحضارة العربية الإسلامية ومساهماتهم**
  3. **الاكتشافات العلمية في الحضارة الإسلامية**

وفي الأخير نشير إلى أن الأمر الذي ندعو إليه بإلحاح هو إعادة نشر النُبذ التاريخية بعد تحقيقها بدقة، وتدقيق مضامينها جيدا، والتعليق على ما يستوجب التعليق عليه، ثم إخراجها في شكل أنيق، ولا يقدر على إنجاز هذا العمل الجبار إلا لجنة من الأساتذة ذوي الكفاءات العالية، وفي مختلف التخصصات، مع تنوع الاهتمامات. وإنه من الواجب على معدي المناهج، ومؤلفي الكتب المدرسية أن يساهموا في التعريف بتراث العرب والمسلمين لكي يبثوا الثقة في النفوس ويدعموا الاعتزاز والفخر بالتراث الإسلامي المجيد، ويدفعوا الأجيال من المتعلمين لينطلقوا إلى مستقبل زاهر وحضارة راسخة.

خلاصة

من خلال النظرة الموضوعية إلى محتوى الكتب الأربعة في مادة الرياضيات للطور المتوسط، وما تضمنته من تاريخ متعلق بالرياضيات على وجه الخصوص، ننوه بمسعى إدراج مدخل تاريخي في بداية كل درس أو محور. لكن بالمقابل نرى هذا العمل غير كاف كماً ومحتوى، بالنظر لفائدة تاريخ الرياضيات كونه أداة فعالة لتصحيح لامبالاة التلاميذ بهذه المادة، على الأقل بإثارة فضولهم، هذا الفضول الذي يمكن اعتباره نوعا من التحفيز لدراستها. كما أن تاريخ الرياضيات يساهم في إدراك المتعلم أن الاكتشافات التي حدثت في الرياضيات على مدى عصور لم تأت فجأة بل جاءت نتيجة جهد وترقب ومثابرة. وفي هذا السياق يقول عبقري العرب على مصطفى مشرفة (1898-1950م) "إن العلم هو البحث عن الحقيقة، والحقيقية لا تأتي أبدًا برأي مسبق أو بتمني الحصول على نتيجة معينة".

وفي الأخير بقي أن نشير إلى أن تاريخ العلوم بصفة عامة وتاريخ الرياضيات بصفة خاصة يعلّمان أن الفشل خير لابد منه فمعظم الاكتشافات سبقتها الكثير من الإخفاقات.

المراجع

[1] حميدة، حسين محي الدين، دور العلماء المسلمين في تاريخ الفكر الرياضي، مجلة أفكار، العدد 4، 1995.

[2] سعد الله، أبو بكر خالد، توظيف تاريخ العلوم في تدريس الرياضيات، مجلة العلوم والتكنولوجيا، العدد التجريبي، 2019.

[3] مجموعة من المؤلفين، الرياضيات (كتب السنة الأولى والثانية والثالثة والرابعة من التعليم المتوسط) منشورات الشهاب، باتنة، 2019.

العالم الألماني يوهان غوته Johann Goethe (1749-1832)

جوانب التكوين الأولي لأساتذة الرياضيات بالجزائر والمغرب وكبيك

محمود شنتي [1]، محمد الطاهر طالبي [2]، المصطفى أورهاي [3]

[1] أستاذ بقسم الرياضيات، مخبر تعليمية العلوم، المدرسة العليا للأساتذة، القبة

[2] أستاذ بقسم الرياضيات، مخبر تعليمية العلوم، المدرسة العليا للأساتذة، القبة

[3] أستاذ بالمدرسة العليا للأساتذة، مراكش، المغرب (GREDIM)

mahmoud.chenti@g.ens-kouba.dz

1. مقدمة

في سياق مجموعة المقالات المتعلقة بالتكوين الأولي لأساتذة الرياضيات التي تم نشرها في عددين سابقين بمجلة بشائر العلوم، نضع بين أيديكم، تتمة في نفس الموضوع، دراسة بعنوان: جوانب التكوين الأولي لأساتذة الرياضيات بالجزائر والمغرب ومقاطعة كبيك الكندية، وقد نُشر سابقا جزءٌ من هذه الدراسة في مجلات وطنية.

إن جودة محتوى برامج التكوين وكيفية تنظيم الممارسات التعليمية حسب اليونسكو تساهم في جودة الطلاب المعلمين [22]. كما أن محتوى البرامج اليوم الخاصة بتكوين المعلمين، لم يعد متخصصًا فقط في مجال الموضوع الاختصاصي، بل يشمل كذلك جانب التعليمية والجوانب التربوية وممارسة التدريس تحت الإشراف، إلخ [9]. هذا الفهم الناشئ، يجعلنا نميز بين المعرفة المقدمة إلى الطلاب في كليات التخصص بالجامعات والمعرفة المقدمة للطلاب المعلمين في مؤسسات تكوين المعلمين.

نقدم في هذه العمل دراسة حول التكوين الأولي لأساتذة الرياضيات لطور التعليم الثانوي في كل من الجزائر، والمغرب ومقاطعة كبيك الكندية، والذي ركزنا فيه بالخصوص على نوعية التوازن المؤمن بين جوانب التكوين (التخصصي؛ التربوي-الديداكتيكي؛ المهني)، والغرض الاستفادة من فهم مزايا النظام الكبيكي، الذي يقع ضمن العشر نظم تربوية الأولى في العالم، حول تأمين التوازن المناسب بين جوانب التكوين.

لفحص المحتويات المعرفية لجوانب التكوين الأولي لمعلمي الرياضيات الطور الثانوي في السياقات الثلاثة (مقاطعة كبيك الكندية؛ الجزائر؛ المغرب)، تم تقسيم المجالات المعرفية لجوانب التكوين إلى ثلاثة جوانب رئيسية هي [10]:

- **الجانب التخصصي: المعرفة بالموضوع**

ضرورة تمتع المعلمين المستقبليين بمعرفة تخصصية كافية بالموضوع، وتتعلق بالمفاهيم الرياضياتية، واستخدام التقنيات الرياضياتية وتطبيقاتها كالاستدلال الرياضياتي، والبرهان، وما إلى ذلك.

- **الجانب التربوي: المعرفة التربوية**

والتي تضم الديداكتيك وطرق التدريس ونظريات التعلم، إضافة إلى التكوين في الإدارة الصفية، تدبير القسم، إدارة الصف، والمعارف التربوية الأخرى، علم النفس التنموي والتنشئة الاجتماعية والثقافية،إلخ.

- **الجانب المهني: يتعلق بالممارسة**

ضرورة اتصال المعلمين المستقبليين مع بيئات التعليم والتعلم منذ بداية التكوين، ويعني خبرة ملموسة في فصول حقيقية بما في ذلك تعلم كيفية التعامل مع القضايا الحقيقية الكامنة في التدريس وإدارة الصف، إلخ. وتؤكد الدلائل إلى أن تكوين المعلمين يتم تعزيزه في سياقات الممارسة المدرسية كمجتمعات مهنية [8].

تشير عدة دراسات إلى أن التكامل بين جوانب التكوين (الجانب التخصصي؛ الجانب التربوي؛ الجانب المهني) في برامج التكوين أمر لازم وضروري. يُظهر تحليل محتوى البرامج وجودَ شرخ بين هذه الجوانب إضافة إلى التجزئة التي أحدثها العدد الكبير من الدورات الدراسية المنفصلة. يتعلق هذا التكامل أيضا بنوع النموذج المتبع: متتالي أو متزامن، إضافة إلى تعقيدات الممارسة المهنية في حد ذاتها إلى جانب ظروف التنظيم وثقل البرامج وتعقيدات العملية التكوينية، هناك أسباب تتعلق بمستوى المحتوى للبرامج والتي غالباً ما تفتقر إلى استراتيجية مدروسة جيداً.

يعد تكامل الجوانب الثلاثة أمرًا استراتيجيًا في تكوين المعلمين الطلاب. يُفترض أن يقوم المسؤولون عن التكوين بتصميم أنشطة التدريب بطريقة تسمح بتكامل المكونات المختلفة [5].

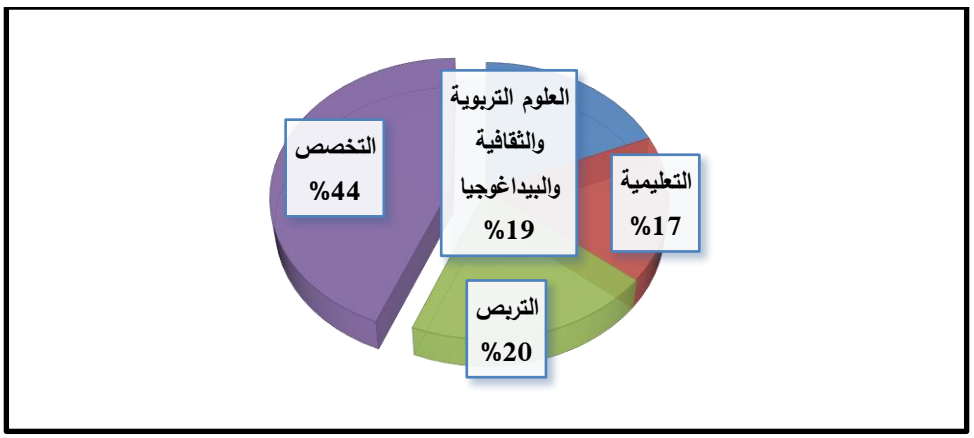
وحسب منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية "OECD" يجب دمج جوانب التكوين الثلاثة لإعداد معلمي المستقبل لحياتهم المهنية بطريقة متوازنة وفعّالة وأكثر كفاءة [9].

2. جوانب التكوين في السياقات الثلاثة

أ. كبيك

تُسند مهمة التكوين الأولي لمعلمي المرحلة الثانوية لكليات التربية بالجامعات في إطار برنامج "بكالوريا التعليم الثانوي" المعادل لشهادة الليسانس. أما نموذج التكوين فهو النموذج المتزامن. يتطلب إنهاء برنامج تكوين "بكالوريا التعليم الثانوي في الرياضيات" لجامعة مونتريال 1845 ساعة من التكوين الحضوري على مدار أربع سنوات دراسية على الشكل التالي [24] :

- **التكوين التربوي-التعليمي:** خُصص له 660 ساعة تكوينية مقسمة كالآتي: 345 ساعة لدروس العلوم التربوية والثقافية والبيداغوجيا، و 315 ساعة لدروس التعليمية.
- **التكوين المهني:** خصص له 375 ساعة للتربص ونشاطات الإدماج.
- **التكوين التخصصي:** خصص له 810 ساعة لدروس التخصص منها 180 ساعة اختيارية.



الشكل1. توزيع الحجم الزمني للمحتوى المعرفي (جامعة مونتريال)

(من إعداد الباحثين بناء على المحتويات المعرفية لبرامج التكوين لجامعة مونتريال)

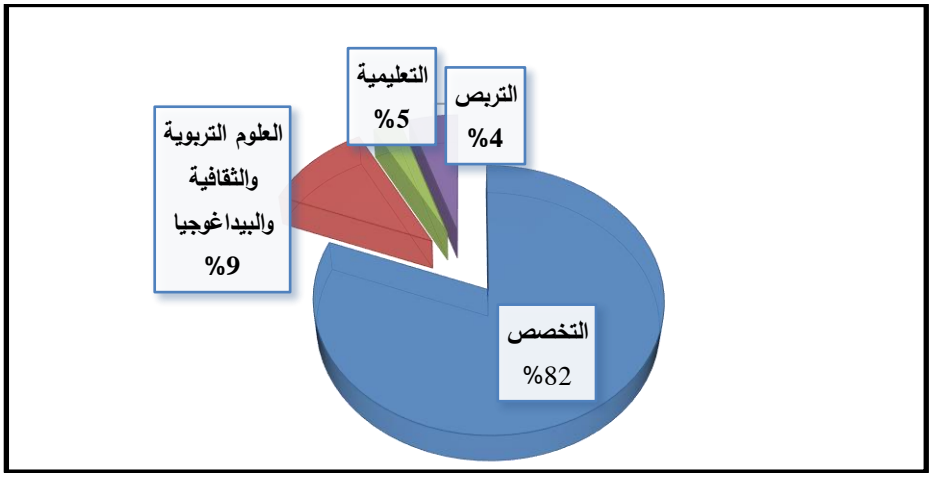
نلاحظ من خلال المخطط، أن مواد التخصص احتلت حوالي 44% من الوقت المخصص لبرنامج التكوين، بينما تتقاسم باقي المواد حوالي 56%. وعليه يمكن القول بأن هناك توازن نسبي بين مواد التخصص وبين علوم التربية والتعليمية والتربص من جهة، وبين علوم التربية والتعليمية والتربص من جهة أخرى. هذا التوازن تؤكّد عليه منظمة

اليونسكو: "إن برامج تكوين المعلمين في الدول ذات العلامات الأعلى في المسابقات الدولية هي تلك التي تؤمّن توازنا أكبر بين هذه الجوانب." [22].

ب. الجزائر

يتم إسناد مهمة التكوين الأولي للمعلمين للمدارس العليا للأساتذة في إطار برنامج "شهادة أستاذ التعليم الثانوي" المعادلة لشهادة "الاجازة". أما نموذج التكوين فهو النموذج المتزامن. لفهم هيكل التكوين، نرجع إلى برنامج تكوين "أستاذ التعليم الثانوي في الرياضيات" الخاص بالمدرسة العليا للأساتذة بالقبة. نجد أنه يتضمن 3910 ساعة من التكوين الحضوري على مدار خمس سنوات دراسية على الشكل التالي:

- **التكوين التربوي- التعليمي:** خُصص له 540 ساعة تكوينية مقسمة كالآتي: 360 ساعة لدروس العلوم التربوية والثقافية والبيداغوجيا و180 ساعة لدروس التعليمية.
- **التكوين المهني:** خصص له 160 ساعة للتربص ونشاطات الادماج.
- **التكوين التخصصي:** خصص له 3210 ساعة لدروس التخصص منها 90 ساعة اختيارية.



الشكل 2. توزيع الحجم الزمني للمحتوى المعرفي (المدرسة العليا للأساتذة، القبة)

(من إعداد الباحثين بناء على المحتويات المعرفية لبرامج التكوين المدرسة العليا للأساتذة، القبة)

نلاحظ من المخطط البياني هيمنة الجانب التخصصي بـ 82% وهذا على حساب جوانب التكوين الأخرى رغم أهميتها؛ فقد حظي مقرر التعليمية بنسبة 5% فقط، وهذا لا يتوافق مع الرأي القائل بضرورة بناء المحتوى المعرفي للتعليمية انطلاقا من المحتوى المعرفي التخصصي. أما الجانب المهني ورغم أن نوع المقاربة هي "التمهين" إلاّ أن التربص ونشاطات الإدماج المهني حظيت بنسبة لا تتجاوز 4% من وقت البرنامج فيما حظيت مواد علوم التربية بنسبة 9%.

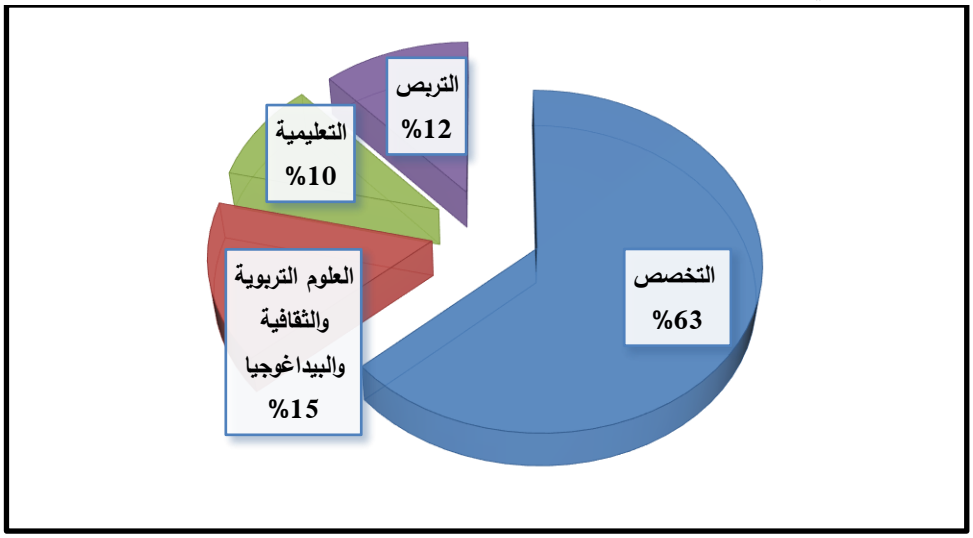
يمكن القول إنه لا يوجد توازن مناسب بين جوانب التكوين الثلاثة.

ج. المغرب

يوجد في المغرب مرحلتان من التكوين للالتحاق بمهنة أستاذ التعليم الثانوي. توفر المرحلة الأولى التكوين الأولي (مسلك الإجازة في التربية) من قبل المدارس العليا للأساتذة أو الجامعات لمدة ثلاث سنوات بنظام LMD. أما المرحلة الثانية (المسماة التكوين التأهيلي) فتوفر التكوين بالمراكز الجهوية لمهن التربية والتعليم (CRMEF) لمدة عامين). يتطلب إنهاء برنامج التكوين الذي تعطيه المدرسة العليا للأساتذة والمراكز الجهوية (CRMEF) بمراكش، 2390 ساعة من التكوين الحضوري على مدار أربع سنوات (نكتفي فقط هنا بالسنة الاولى من مرحلة التكوين التأهيلي، كون السنة

الثانية من هذه المرحلة يلتحق فيها الطلبة بمناصب عملهم وهذا تحت المراقبة أو ما يسمى مرحلة التكوين تحت التجريب) من ضمنها:

- **التكوين التربوي-التعليمي:** خُصص له 590 ساعة تكوينية مقسمة بالشكل التالي: 360 ساعة لدروس العلوم التربوية والثقافية والبيداغوجيا؛ 230 ساعة لدروس التعليمية.
- **التكوين المهني:** خصص له 280 ساعة للتربص ونشاطات الادماج.
- **التكوين التخصصي:** خصص له 1520 ساعة لدروس التخصص.



الشكل 3. توزيع الحجم الزمني للمحتوى المعرفي (المدرسة العليا للأساتذة والمركز الجهوي-مراكش)

(من إعداد الباحثين بناء على المحتويات المعرفية لبرامج التكوين المدرسة العليا للأساتذة والمركز الجهوي-مراكش)

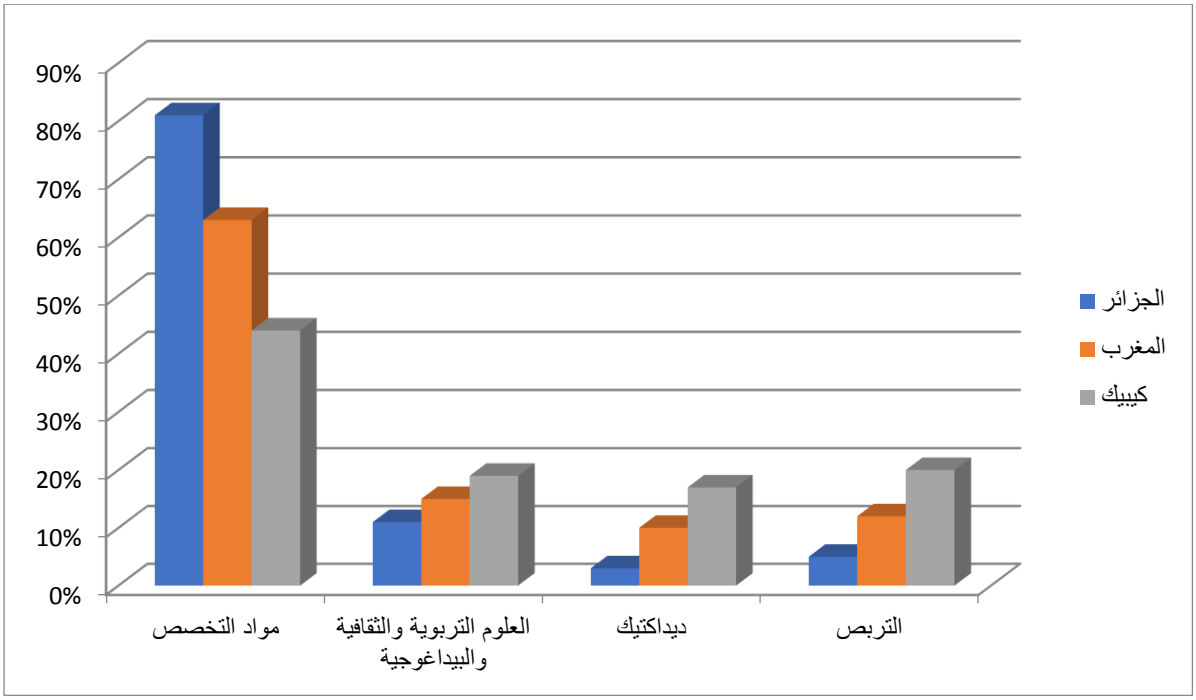
نلاحظ من خلال المخطط، أن مواد التخصص احتلت حوالي 63% من الوقت المخصص لبرنامج التكوين، بينما تتقاسم باقي المواد حوالي 37%. وعليه، توجد أهمية ملحوظة للجانب التخصصي (الرياضيات) على الجوانب الأخرى كون المغرب يتبنى التوجه الذي يركز على التّعمق في الجانب النظري للرياضيات على غرار المدرسة الفرنسية. يمكن القول بوجود "توازن نسبي" بين الرياضيات وبين علوم التربية والتعليمية والتربص. لكن يوجد توازن بين علوم التربية والتعليمية والتربص علما أن التوازن في الحالتين أكدت عليه منظمة اليونسكو [22]. كما أن أهداف التكوين لمسلك الإجازة في التربية في الرياضيات أكدت على ضرورة "اكتساب المعرفة والدراية المتينة والمتنوعة في مجالات الرياضيات والتعليمية وعلوم التربية".

3. المقارنة بين السياقات الثلاثة

وجدنا فروقاً هامة فيما يتعلق بهيكل التكوين في كل من الجزائر والمغرب وكبيك تتمثل فيما يلي:

- يقدّر الحجم الزمني للتكوين الحضوري في الجزائر في إطار شهادة "أستاذ التعليم الثانوي" بـ 3910 ساعة خلال خمس سنوات، بمعدل 26 ساعة في الأسبوع. أما في المغرب فتقدر بـ 2390 ساعة في أربع سنوات بمعدل 20 ساعة في الأسبوع. أما في كبيك فتقدر بـ 2170 ساعة في أربع سنوات بمعدل 18 ساعة في الأسبوع. وبالتالي، فإن الحجم الزمني للتكوين الحضوري بالجزائر يفوق نظيريه المغربي والكبيكي بأكثر من 1500 ساعة تكوينية حضورية. قد يرجع هذا التفاوت إلى كون المغرب وكبيك تعتمد على مبدأ التخفيف لإعطاء الفرصة للمتعلم للعمل الشخصي والتكوين بالبحث لدعم التكوين الذاتي وتنويع سبل تطبيقاته على عكس الجزائر.

- تنفرد المغرب بمرحلة إضافية مهمة تتمثل في مرحلة "التكوين تحت التجريب" فالمدرسون الجدد يحتاجون إلى الدعم في بداية ممارستهم للمهنة أكبر من أي وقت لاحق.
- بالرجوع للأشكال (1) و(2) و(3)، وبالأخذ بعين الاعتبار نوع المدرسة المتبعة في كل سياق، يمكن أن نقول إن هناك توازنا بين جوانب التكوين بالنسبة لكبيك وبدرجة أقل للمغرب مع غياب ذلك بالنسبة للجزائر.
- لتسليط الضوء على أهمية التكوين المعطاة في كل سياق في المجالات التخصصية والتربوية-التعليمية والمهنية، قارنا بين جامعة مونتريال بكبيك والمدرسة العليا للأساتذة بالقبة والمدرسة العليا للأساتذة والمركز الجهوي لمهن التربية والتكوين بمراكش، فوجدنا الآتي:



الشكل 4. مقارنة توزيع المحتوى المعرفي بالساعات لكل من جامعة مونتريال؛ المدرسة العليا للأساتذة بالقبة؛ المدرسة العليا للأساتذة والمراكز الجهوية بمراكش.

(من إعداد الباحثين بناء على المحتويات المعرفية لبرامج التكوين المدرسة العليا للأساتذة بالقبة؛ جامعة مونتريال بكبيك؛ المدرسة العليا للأساتذة والمركز الجهوي بمراكش)

أ. الجانب التخصصي

يبيّن المخطط أن الجزائر خصصت 82% من وقت البرنامج للجانب التخصصي في حين خصصت المغرب 63 %، مقابل 44% لكبيك مما يبيّن التفاوت في النسب المئوية في السياقات الثلاثة. قد يرجع هذا التفاوت إلى نوع المدرسة المتّبعة حيث تتبع الجزائر والمغرب الرياضات النظرية في حين تتبع كبيك الرياضيات الوظيفية أو التطبيقية.

ب. الجانب التربوي

- **مواد علوم التربية:** يبيّن المخطط أن الجزائر أعطت حوالي 9% فقط من وقت البرنامج لهذا المكون مقابل 15% للمغرب وحوالي 20% لكبيك. رغم أن تفاوت الحجم الساعي لهذا الجانب قليل بينها. لكن لابد للجزائر إعطاء أهمية أكثر للجانب العملي المطور للممارسة المهنية والتدخل التربوي وكذلك للتكوين عن طريق البحث. اهتمت كبيك، بالإضافة إلى ما سبق، بخصوصيات المجتمع الكندي والتلاميذ ذوي الاحتياجات الخاصة.
- **التعليمية:** رغم أهميتها الاّ أن الجزائر أعطتها نسبة 5% مقابل 10% للمغرب و17% لكبيك. بالاطلاع على

محتوى البرامج، نجد أن كلا من المغرب وكبيك ربطت دروس التعليمية بالمحتوى الرياضي الذي يدرّس في الثانوية (على غرار ديداكتيك التناسبية والجبر والدوال، TIC).

ج. الجانب المهني

فيما يخص التربص ونشاطات الإدماج، ورغم أن المقاربة المتبعة في كل نظام هي "التمهين"، إلاّ أن الجزائر خصصت فقط 4% من وقت البرنامج مقابل 12% للمغرب و20% لكبيك. نلاحظ غياب التأطير لهذا الجانب المهم من التكوين بالنسبة للجزائر.

4. الخاتمة

سمحت لنا هذه المقارنة بفهم بعض الخصائص التي تتعلق بنظام التكوين في كل من الجزائر وكبيك ومقاطعة كبيك الكندية، بالخصوص مستوى التوازن الحاصل بالنسبة لجوانب التكوين. وبناء على ذلك يمكن وضع بعض التوصيات بالنسبة لنظام التكوين الجزائري:

- يعتبر الحجم الزمني للتكوين (27 ساعة/أسبوعيا) مرتفعا ولا يترك الوقت للطالب للتكوين عن طريق البحث أو التكوين الذاتي. فالاهتمام بمكون البحث ودمجه في برامج التكوين وتنويع سبل تطبيقاته، قد يساهم في تطوير معلمي المستقبل ليكونوا عبارة عن ممارسين مهنيين ونقديين مستقلين وذاتيي التوجيه.
- يجب مراعاة التوازن بين جوانب التكوين (التخصصي، التربوي-الديداكتيكي، المهني) من خلال:
  1. التخفيف من الوقت الزمني ومحتوى البرامج بالنسبة للجانب التخصصي.
  2. تطوير التكوين التربوي في جانبه المهني والثقافي للمعلم مثل التخطيط والتدبير والتقويم والتدخل التربوي مع عدم نسيان مقررات تتعلق بالتلاميذ ذوي الاحتياجات الخاصة. واعطاءه الوقت الكاف لذلك.
  3. ضرورة إعطاء مقرر الديداكتيك الوقت الكافي لربطه بما يدّرس في المؤسسات التربوية، مع إدخال تكنولوجيا المعلومات والاتصال في عملية التدريس والاهتمام بلغة التدريس.
  4. إعطاء الأهمية اللاّزمة للجانب المهني من جميع الجوانب ومراعاة التأطير البيداغوجي اللاّزم.
- إعادة صياغة البرنامج بما يتوافق مع فلسفة التوازن بين جوانب التكوين، حيث يتم دمج المواضيع التربوية-التعليمية والمهنية والتخصصية بشكل فعال، وتنسيق جيد بين التكوين الأكاديمي والمهننة.

مراجع للاستزادة

[1] خالدي، أحمد، تكوين المعلمين في الجزائر بعيون أكاديمية : دراسة استعراضية-تحليلية، مجلة الشامل للعلوم التربوية والاجتماعية، جامعة حمى لخضر، الوادي، 1 (2)، 2018.

[2] وزارة التربية الوطنية والتكوين المهني والتعليم العالي والبحث العلمي، دليل حول : إجراءات تدبير السنة التكوينية بالمراكز الجهوية لمهن التربية والتكوين، الوحدة المركزية لتكوين الأطر، ملحقة حسان 23 زنقة السعديين، الرباط، 2018.

[3] وزارة التربية الوطنية، الميثاق الوطني للتربية والتكوين، اللجنة الخاصة بالتربية والتكوين، المملكة المغربية، 1999.

[4] وزارة التربية الوطنية، عدة تأهيل الأساتذة بالمراكز الجهوية لمهن التربية والتكوين- الوثيقة الإطار، الوحدة المركزية لتكوين الأطر، وزارة التربية الوطنية، مدينة العرفان، زنقة الركراكي، المملكة المغربية، 2012.

[5] Bednarz, N., & Perrin-Glorian, M.-J., Formation à l'enseignement des mathématiques et développement de compétences professionnelles: Articulation entre formation mathématique, didactique et pratique, Actes du 2ème colloque "Espace Mathématique Francophone", 2003.
[6] Brun, J., Didactique des mathématiques, Delachaux et Niestlé, Lausanne,1996.
[7] Burghes, D., Intern. comparative study in Mathematics teacher training, CfBT, UK, 2011.
[8] Caena, F., Initial teacher education in Europe: an overview of policy issues, European Commission. ET2020 Working Group of Schools Policy, 2014.
[9] Darmody, M., & Smyth, E., Entry to programmes of initial teacher education, Economic and Social Research Institute, Dublin, 2016.
[10] Esteves, M. H., Initial Teacher Education in Europe: Shaping teachers for the 21 st century, New Trends and Issues Proceedings on Humanities and Social Sciences, 3(5), 2017.
[11] Leutenegger, F. & Saada-Robert, M., Expliquer et comprendre en sciences de l'éducation, De Boeck, Bruxelles, 2002.
[12] Liljedahl, P. et al., Components of mathematics teacher training, In Even, R., & Ball, D. L. (Séries Ed), The 15th ICMI Study, The professional education and development of teachers of mathematics, Springer, Boston, 2009.
[13] MENLSR, Formation des enseignants: éléments de comparaison internationale, Concertation sur la refondation de l'école de la République de France, 2013.
[14] MEQ, La formation à l'enseignement: Les orientations, les compétences professionnelles, Gouvernement du Québec, Québec, 2001.
[15] Perlaza, A. M., Étude comparée de la formation initiale des enseignants du primaire au Québec et en Finlande (Maîtrise dissertation, Faculté des Sciences de l'éducation, Université de Montréal, Québec), 2012.
[16] Schwab, K., The Global Competitiveness Report 2016–2017, World Eco. Forum, 2016.
[17] Smida, H.et al., Les dispositifs de formation des enseignants en mathématiques des pays du Maghreb face aux défis de l'école, Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education, 7, 209–229, 2007.
[18] Sriraman, B., The characteristics of math. creativity, Math. Educator, 14(1), 19–34, 2004.
[19] Tardif, M., & Borgès, C., L'internationalisation de la professionnalisation de la formation à l'enseignement secondaire et ses retraductions dans des formes sociales nationales: poids et sens du « savoir professionnel » dans les programmes du Québec et de la Suisse romande. Raisons éducatives, 13, 2009.
[20] Tatto, M. T., Schwille, J., Senk, S., Ingvarson, L., Peck, R., & Rowley, G., Teacher Education and Development Study in Mathematics (TEDS-M): Policy, practice, and readiness to teach primary and secondary mathematics, Conceptual framework. East Lansing, MI: Teacher Education and Development International Study Center, College of Education, Michigan State University, 2008.
[21] Thânh Khôi Lê, L'éducation comparée, A. Colin, Paris, 1981.
[22] Unesco, Enseigner et apprendre: atteindre la qualité pour tous: Rapport mondial de suivi sur l'EPT, 2013/4, 2014.
[23] Université de Montréal, Baccalauréat en Enseignement des Mathématiques au Secondaire, Québec, 2018.
[24] Université de Montréal, Guide de l'étudiant – B., Québec, 2018.
[25] Usiskin, Z., Teachers' Mathematics: A collection of content deserving to be a field The Mathematics Educator, 6(1), 86–98, 2001.

الترقية الأكاديمية بدل الترقية الإدارية،
هل ستكون الخطوة القادمة لوزارة التربية؟

جمال حيمان
طالب دكتوراه بمخبر الحسابيات والترميز والتوافقيات،
كلية الرياضيات، جامعة هواري بومدين للعلوم والتكنولوجيا، الجزائر
djamel17himane@gmail.com

الترقية في المسار الوظيفي للعامل أمر لابد منه، تعزيزا لسيرورة الأداء الوظيفي على كل الأصعدة. أما طريقة الترقية وآليات تنفيذها فقد تختلف من مهنة لأخرى، بل حتى في الوظيفة ذاتها، من اختبار مهني أو كتابي أو ترقية آلية وفق شروط محددة ينبغي توافرها، وأخيرا الترقية الأكاديمية والتي تتناسب مع الوظائف العليا والسامية أو ذات الخصوصية (المواد 97 إلى 113 من الأمر رقم 06-03).

ولعل من أبرز الوظائف المعنية بالترقية الأكاديمية، هي مهن ووظائف التربية والتعليم العالي والبحث العلمي. وهذا هو بيت القصيد فيما يخص فحوى مقالنا هذا المتعلق بالترقية الأكاديمية في قطاع التربية، قصد التوجه تدريجيا نحو هذا التحدي في أغلب مسابقات الترقية لمنتسبيها، خاصة بالنسبة للمهن التي تتوافق مع هذا النمط من الترقية. وهذا من شأنه أن يساهم في احترافية المنظومة التربوية مع ما تقتضيه التوجهات العالمية والعصرنة والاستشراف المستقبلي.

1. مقدمة

يخضع كل عامل أو موظف لدى كل مؤسسة أو شركة عمومية كانت أو خاصة، خلال مشواره الوظيفي أو حياته المهنية لعملية الترقية في الدرجات أو السلم الوظيفي أو الرتبة التي يشغلها نتيجة للخبرة والأقدمية المكتسبة، وأيضا كمكافأة له على الإنجازات والجهد المبذول، يُضاف إليها التكوينات والمعارف التي حصل عليها خلال فترة ممارسة وظيفته أو تأدية مهامه، مما يؤدي إلى تحسين أجرته ومرتبته، وهذا سيؤدي حتما إلى تحسين أدائه ومنحه صلاحيات لم تكن في متناوله سابقا (المادة 38 من أمر رقم 06-03).

وككل القطاعات، فقطاع التربية ليس استثناءً، في كل سنة تجرى مسابقات وامتحانات لترقية الموظفين في كل الرتب التي تقع تحت وصايتها، سواءً كانت تلك المسابقات كتابية أو مهنية. (لتفاصيل وشروحٍ أكثر انظر [1] و[2]).

2. وصف جانب من سير هذه المسابقات الخاصة بالترقية

ربما يعتقد البعض أن ما سنسرده الآن، هو نوع من المبالغة والسوداوية، لكن هي حقيقة لا ينكرها إلا جاحد. ففي كل سنة تقريبا تتم مسابقات الترقية لموظفي قطاع التربية بمختلف مهامهم وانتماءاتهم، وبصفة خاصة الأساتذة، حيث يتنافسون على مختلف الرُتب من أساتذة رئيسيين ومكونين وحتى مفتشين.

ومما يثير القلق والانزعاج هو الانتشار الرهيب والواسع لظاهرة الغش الجماعي في السنوات الأخيرة، بين هؤلاء الأساتذة الذين من المفروض أن يكونوا قدوة حسنة لتلاميذهم. ولكن العارف بشؤون تنظيم هذه المسابقات قد يلتمس بعض الأعذار، استنادا لطبيعة أسئلة مواضيع هذه الامتحانات. فهي تعتمد على الحفظ والتجريد، واقتباس بعض

المواضيع والأفكار من الأنترنت، وإجراء بعض التعديلات واللمسات البعيدة كل البعد عن المنهجية العلمية المستقاة من دراسة حقيقية لمنتسبي وأعضاء اللجنة المكلفة بتنظيم هذا النوع من المسابقات. وكل هذه الأمور عفا عليها الزمن، فهي لا تقدم ولا تؤخر، ولا هي تبرز قدراتهم ولا كفاءاتهم.

أما العجب العجاب، فرغم كل الجهود والوسائل الشرعية وغيرها للممتحنين، فإننا نجد القوائم خالية من الناجحين إلا الشيء اليسير، وهذا الملف يلفه الكثير من الضبابية، مُرجعين السبب إلى ضعف مستوى الأساتذة المترشحين أنفسهم وتحميلهم كل المسؤولية، وهذا دون مراعاة ظروفهم أو توقيت هذه المسابقات وكيفية تنظيمها.

من جهة أخرى توجد ترقية آلية لمن لهم عشر سنوات وهم يشغلون المنصب ذاته أو شيء من هذا القبيل. ومما يُعاب على هذه الطريقة هو تكريس الرداءة، وقتل الرغبة في المبادرة والإبداع للموظف بدل تحفيزه. وهذا ما ينشئ لنا إطارات في مناصب عليا وقيادية في سن الشيخوخة أو على مشارف التقاعد، أي لا يمكن الاستفادة منهم كثيرا، عكس الترقية الأكاديمية، التي توفر إطارات وقيادات عليا ذات كفاءة عالية في عنفوان شبابهم وهو ما يُمَكنهم من إضافة الكثير من الأشياء ومواكبة العصر بتطوراته المتسارعة.

ومن أبرز مظاهر الترقية الأكاديمية هي الشهادات العليا المعترف بها في الاختصاص والتكوينات والتربصات الميدانية. يُضاف إلى ذلك براءات الاختراع وما يتصل بها من نتائج وأبحاث في الاختصاص، تخلص إلى تحسين مستواهم المعيشي، وهو بدوره دافع لتحسين الأداء الوظيفي، وللأسف هو المطلب الرئيس الذي تُقام من أجله إضرابات في قطاع التربية والتعليم على وجه الخصوص كل موسم (المادتين 43 و 44 من أمر رقم 06-03).

3. حلول يمكن أن تحسن من ظروف الترقية الأكاديمية لبعض منتسبي قطاع التربية

وعلى ضوء ما سبق يمكن تحسين ظروف الترقية الأكاديمية لموظفي النخبة لوزارة التربية، من أساتذة ومشرفين وطاقم إداري بمختلف تخصصاته، وذلك بتشجيعهم على نشر أبحاث ودراسات كلٌ ضمن تخصصه ونطاقه، في مجلات علمية مُحكمة. وعلى إثر دراستها وتقييمها من قبل لجنة مختصة على قدر أهميتها والإضافة التي تقدمها للقطاع والمجتمع، يتم ترقية هذا الموظف حسب الكفاءة، وهو الأمر الذي يمكن أن يحسن أداء المنظومة التربوية ككل.

ولهذا نوجه نداءً عاجلا لوزارة التعليم العالي والبحث العلمي لاستحداث صنف جديد من المجلات العلمية الوطنية بالإضافة إلى ما هو موجود [3]، وهو الصنف د. ويسمح ذلك بترقية المجلات الجديدة والحديثة وفق شروط مدروسة وصارمة في كل المجالات والتخصصات العلمية والتقنية، وكذلك في مجالات الآداب والعلوم الإنسانية، حيث تُقبل المنشورات العلمية في هذا التصنيف بعد دراستها من قبل اللجنة المخول إليها قانونا، في الترقية الأكاديمية بدل الإدارية لموظفي التربية. وهذا ما يتيح لهؤلاء المترشحين تطوير معارفهم والانفتاح على العالم، بدل الركود والانغلاق بعد تحصلهم على آخر شهادة سمحت لهم بالتوظيف.

وعلى صعيد آخر، تُعد فرصة للالتحاق بمناصب الدكتوراه، من نشر مقال نوعي في المجلات فرصة سانحة تكون بديلا للمسابقات الكتابية التي لا تختلف كثيرا عن مسابقات الترقية من حيث الغش أو ما شابه ذلك. كما أن العدد القليل من المناصب المتنافس عليها، قد يحرم الكثير من الطلبة الأكفاء الذين لم يخدمهم الطابع الكتابي للمسابقة، وكأنها فرصة لاصطياد العصافير النادرة التي أبانت عن نفسها بتغريدها في تلك المجلات.

أما الفائدة للمجلات ذاتها وخاصة ذات التوجه العلمي والتقني، فهي فرصة لإثبات نفسها والرقي للعالمية. فكما يعلم الكل، لا تتم الترقية للأساتذة الجامعيين في الرتب العليا ومناقشة أطروحات الدكتوراه، إلا بنشر أعمالهم في المجلات التي تصنيفها ب فما فوق [3]، وهذا ما يفسر عزوف الأساتذة والطلبة على حد سواء عن النشر في مجلات غير مصنفة، مما يؤدي إلى وأدها في المهد. والكثير من المجلات التي لا نرى داعٍ لذكر أسمائها توقفت في السنوات الأولى من

نشأتها. وعلى صعيد أخر نتمنى أن يتم ترقية هذه المجلات (صنف د) المستحدثة، والتي تلقى اهتماما ورواجا بعد تحقيقها جملة من الشروط تضعها الوزارة، حيث تُرقى المجلات العلمية والتقنية إلى الصنف ب، أما المختصة في مجال الآداب والعلوم الإنسانية فترقى إلى التصنيف ج.

خلال العقد الأخير، عرفت مشاريع ومذكرات التخرج في مختلف الجامعات وحتى المدارس العليا، تدهورا ونقصا في مستوى الجودة لمخرجات التعليم، ويعود ذلك لعدة أسباب أبرزها قلة المؤطرين مقارنة بالعدد الهائل للطلبة المتخرجين. فعلى سبيل المثال بالنسبة لمذكرة تخرج الماستر، قد يؤطر الأستاذ سبع طلبة أو أكثر، مما يحتم عليه متابعة أربعة مواضيع مختلفة أو أكثر، مادام كل موضوع ينجزه طالب أو طالبان على الأكثر، وهذا بلا شك يؤثر على جودة هذه المذكرات التي سيكون مصيرها الأرشيف. بينما لو تم جمع كل هذا الكم من الطلبة في موضوع واحد فقط يعزز التعاون الجماعي، ويشرف عليه الأستاذ ويتفرغ له لكان أفضل.

فالغاية من المذكرات هو إنتاج محتوى مفيد أو يقدم إضافة مهما كان نوعها تُتوج بالنشر في مجلة علمية مناسبة، يشبه ما كان سابقا مع شهادة الماجستير الكلاسيكية، لأن في الواقع، قلة هم من يَحضون بفرصة دراسة الدكتوراه بصيغتها الحالية، أي أن جل خريجي الجامعات والمعاهد، يجهلون أبسط أبجديات النشر والبحث علمي. وهذا ما نلتمسه في معظم أساتذة قطاع التربية، حينما نتفحص منتجاتهم بمختلف أنواعها المتوفرة على الشبكة العنكبوتية وحتى الكتب المطبعية. نذكر منها: عدم الاهتمام بالدقة العلمية واللغوية (استخدام مفرط للعامية)؛ تقبل المفاهيم والمصطلحات الشائعة دون عناء التدقيق فيها، لمجرد أن الغالبية ترددها، -وفي هذا السياق، نذكر قول المرحوم ابن العثيمين رحمه الله: "الحق ما قام عليه الدليل، وليس الحق فيما عمله الناس"- غياب ثقافة البحث بحد ذاتها، فيُسأل عن أشياء بسيطة وتافهة وهي في المتناول بنقرة زر؛ عدم الالتزام بثقافة المرجعية وإسناد الأمور لأصحابها من اقتباس أو غيره والاعتماد على النسخ واللصق، إلخ.

4. إنشاء مجلة متعددة التخصصات خاصة بوازرة التربية الوطنية

يبدو أنه بات ضروريا إنشاء مجلة علمية وأكاديمية تحت الوصاية المباشرة لوزارة التربية الوطنية، تهتم بنشر كل ما يخص ويندرج ضمن مهامها. حيث يتم تقسيمها إلى أركان وفروع وتخصصات، على سبيل المثال: المستويات حسب الأطوار التعليمية وحسب التخصصات والمواد الدراسية، وحسب محتوى المنشورات من بحوث ودراسات علمية أو دروس أو مقررات دراسية من قبل الأساتذة والمفتشين، وباقي منتسبي قطاع التربية من مشرفين وإداريين، كذلك القوانين والتشريعات التنظيمية التي تخص سير المنظومة التعليمية، كالبرامج والتدرجات والقرارات الوزارية وغيرها تصدر عن السلطة المركزية للوزارة أو الحكومية. يجب إضفاء المرجعية للمنشورات الرسمية حينما يتم الاقتباس أو الاستشهاد بها، ولا تكون مبعثرة في مختلف المواقع والمراسلات،

يمكن أيضا تخصيص جزء للطلبة والتلاميذ لتشجيعهم على البحث والنشر، وإتاحة لهم الفرصة لإبراز قدراتهم حسب فئاتهم العمرية، كالتحضير للأولمبياد. وتُعد كذلك فرصة لانتقاء الكفاءات للالتحاق بمدارس النخبة والامتياز كثانوية الرياضيات والثانوية الوطنية للفنون بالجزائر العاصمة، وكذلك مدارس أشبال الأمة المنتشرة في مختلف النواحي العسكرية، أي على العموم تخص الفئة العمرية الأقل من عشرين سنة.

وللأسف لا نجد هذا النوع من المجلات في بلادنا، وإن كانت هذه المجلة -مجلة بشائر العلوم- قد خصصت حيّزا من اهتماماتها لهذه الفئة، إلا أنها تبقى غير كافية للحاق بأكبر المجلات العالمية في هذا المجال ولا نرى ضيرا في تسمية بعضها من باب الاستشهاد لا الحصر:

- المجلة الرياضياتية The Mathematical Gazette؛

- المجلة الرياضياتية الأمريكية الشهرية The American Mathematical Monthly، وأخواتها؛
- المجلتان Primary Mathematics و Mathematics in School المختصتان في التعليم الابتدائي والثانوي على الترتيب.

نتمنى إثراء المنظومة التربوية مثل هكذا المجلات يتم نشر النتائج والأبحاث فيها وفق البرامج والمناهج الوطنية في كل المواد والتخصصات، والتي يمكن أن تساهم بشكل مباشر في ترقية الموظف ترقية أكاديمية على أساس القدرات والكفاءات.

5. خاتمة

بالإضافة للفوائد المترتبة عن النشر الأكاديمي للأبحاث في ترقية المسار المهني للموظف بسهولة ومرونة، وأنها جاءت عن إضافة قدمها هذا الموظف للمجتمع مهما كان نوعها أو قيمتها، فإنه يختلف عن المسابقات الكتابية من حيث أنه لا ينجر عنه هدر للمال العام، فأوراق الإجابات في المسابقات الكتابية تذهب إلى الأرشيف ثم تُحرق أو تُتلف دون يُستفاد منها.

وعلى نحو آخر يجب إشراك منتسبي التربية في البحث العلمي كلٌ في مجاله وحسب مستواه، فالعملية التعليمية مرتبطة كل الارتباط بالبحث العلمي ونتائجه وآثاره. أي على وزارة التربية الاستثمار في هذه الأبحاث لتطوير وإثراء برامجها ومناهجها كما ونوعا، كما لا ينبغي إغفال مخابر البحث الجامعية المنتشرة عبر أرجاء الوطن، خاصة ذات الطابع الأكاديمي، التي يمكنها إضافة الكثير من الأشياء للقطاع، سواءً من حيث تطوير البرامج التربوية أو تحسين أداء الطاقم البشري وتعويده على البحث باستمرار. وللأسف، فقد لاحظنا جمودا في الاستزادة من العلوم والمعارف للأساتذة بعد توظيفهم. أما القلة القليلة التي تعمل على تحسين مستواها فمعظمها يغادر القطاع إلى غير رجعة.

المراجع

[1] أمر رقم 06-03 مؤرّخ في 19 جمادى الثانية عام 1427، الموافق لـ 15 يوليو سنة 2006، يتضمّن القانون الأساسي العام للوظيفة العمومية. (https://www.joradp.dz/har/dgfp.htm).

[2] بلعرابي، عبد الكريم، نظام الترقية في الوظيفة العمومية، مجلة دراسات في الوظيفة العامة، ع. 1، ديسمبر 2013.

[3] إحصاء المجلات العلمية الوطنية، محدث بتاريخ 08 سبتمبر 2022، على الرابط
http://www.dgrsdt.dz/ar/recencement

علوم طبيعيـــــة

تلخيص أهم التطورات المعرفية في ظل السباق نحو غزو الفضاء
مثال: النظام الشمسي

فاتن بن مرزوق-بشيري[1]، لطيفة رمكي[2]، سارة مقدم [2]

[1]أستاذة بقسم العلوم الطبيعية، مخبر تعليمية العلوم، المدرسة العليا للأساتذة، القبة

[2] عضوتان في مخبر تعليمية العلوم، المدرسة العليا للأساتذة، القبة

fatene.benmerzoug@g.ens-kouba.dz

1. مقدمة

لقد اهتم الإنسان منذ تواجده على الأرض بعلم الفلك ووصل به الأمر في كثير من الأحيان إلى تقديس بعض من مكوناته كالشمس والقمر والكواكب الأخرى التي يراها بالعين المُجردة [5]. ومع تطور وسائل المعرفة من التلسكوبات إلى المسبار الفضائي مرورا بالتلسكوبات الفضائية والأقمار الاصطناعية [6]، أصبح علم الفلك من أكثر العلوم التي تستقطب أموالا طائلة من ميزانية الدول المتقدمة التي تسعى لمعرفة أسرار الكون وظروف نشأته، في سبيل الوصول إلى استغلال ثرواته والعيش فيه.

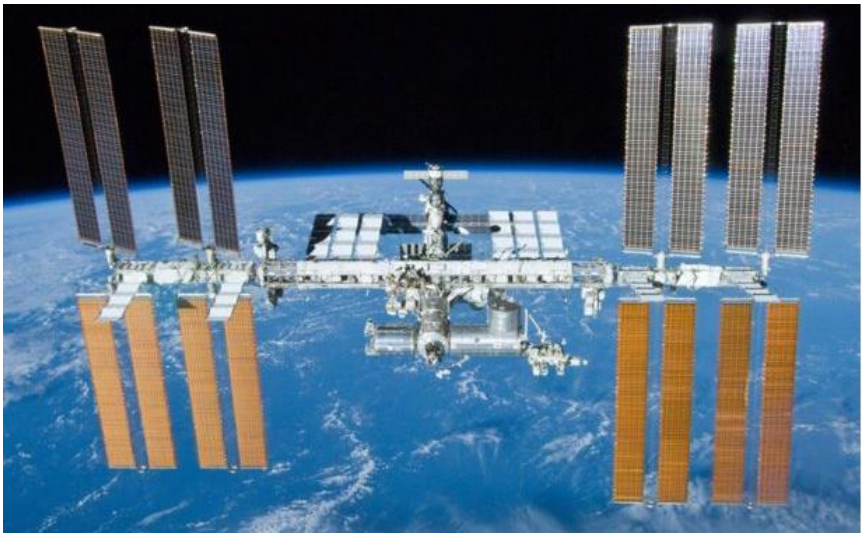
وقد عرف العالم خلال الحرب الباردة بين القوى الغربية بقيادة الولايات المتحدة الأمريكية، والشرقية بزعامة الإتحاد السوفياتي سابقا (روسيا حاليا)، تنافسا مذهلا في مجالات عديدة منها علم الفلك. مما ساهم في قطع أشواطٍ هامة في مجال الاكتشافات الفضائية خلال منتصف القرن الماضي، وتحولت الفكرة إلى تسابق نحو غزو الفضاء حيث صار الأمر أولوية مطلقة لقادة هذه الأنظمة.

2. غزو الفضاء: أهم المحطات التاريخية

تميزت فترة ما بعد الحرب العالمية الثانية بمنافسة حادة بين الكتلتين الشرقية والغربية، حيث استقطبت أمريكا أكبر علماء ألمانيا المهزومة، واستثمرت مؤهلاتهم في مرحلة ما بعد الحرب. ومن أهم نتائج المنافسة الشرقية–الغربية الإنجازات التاريخية الآتية [8-9]:

1) إرسال أول قمر اصطناعي إلى الفضاء، سبوتنيك-1 (Spoutnik-1)، أطلقه الاتحاد السوفياتي في 4 أكتوبر 1957؛
2) إرسال أول كائن حي إلى الفضاء وهو الكلبة "لايكا" (Laika) على متن المركبة الفضائية سبوتنيك-2 (Spoutnik-2)، والتي ماتت بعد بضع ساعات من الانطلاق في 3 نوفمبر 1957؛
3) في 31 جانفي 1961، أرسلت الوكالة الوطنية الفضائية الأمريكية ناسا (NASA) أول قرد شامبانزي (اسمه هام Ham) إلى الفضاء وعاد حيا إلى الأرض؛
4) وصول أول إنسان إلى الفضاء، وهو السوفياتي يوري غاغارين (Youri Gagarine)، في 12 أفريل 1961، على متن الكبسولة فوستك 1 (Vostok 1) لكنه لم يخرج منها؛
5) في 16 جوان 1963، مكثت أول رائدة فضاء، السوفياتية فالنتينا تيريشكوفا (Valentina Tereshkova)، مدة ثلاثة أيام في الفضاء على متن الكبسولة فوستوك 6 (Vostok 6)؛

6) في 18 مارس 1965، أصبح السوفياتي أليكسي ليونوفAlexeï Leonov أول رائد يقوم بخرجة في الفضاء ببدلة فضائية؛
7) خرج الأمريكي إدوارد وايت Edward White في الفضاء لمدة 20 دقيقة من المركبة جيميني 4 (Gemini 4)، في 3 جوان 1965؛
8) في 3 فبراير 1966، تمكن الاتحاد السوفياتي من إنزال مسبار لونا 9 (Luna 9)على سطح القمر، بعد عدة إخفاقات؛
9) كان أول نزول على القمر للأمريكيين نيل آرمسترونغ (Neil Armstrong) وباز ألدرن (Buzz Aldrin) في 21 جويلية 1969 على متن المركبة أبولو 11 (Apollo 11)؛
10) أول محطة فضائية كانت سوفياتية ساليوت 1 (Saliout-1)، أُطلقت في 19 أفريل 1971 واستمرت في العمل إلى غاية 1982؛
11) إطلاق الصاروخ الأوروبي أريان (Ariane)، بعد أربع سنوات من تأسيس الوكالة الفضائية الأوروبية (ASE) في 24 ديسمبر 1979، من القاعدة الفضائية الموجودة في كورو (Kourou). وكان من مهامه وضع الأقمار الصناعية في مدار ثابت بالنسبة للأرض؛
12) تم تركيب المحطة الروسية الفضائية مير Mir في سنة 1986 التي سرعان ما صارت مختبرا دوليا للبحوث فريدا من نوعه بسبب انعدام الجاذبية. زارها العديد من رواد الفضاء من جنسيات مختلفة وقاموا بأبحاث في كافة مجالات العلوم، مثل علم وظائف الأعضاء البشرية والبحوث الطبية وعلوم الأعصاب وبيولوجيا النبات وعلوم المادة والفيزياء، بالإضافة إلى منصة لرصد الأرض واستكشاف الكون [11]؛
13) في سنة 1998، تم تأسيس المحطة الفضائية الدولية (ISS)، وهو مشروع تعاوني متعدد الجنسيات يضم خمس وكالات فضاء مشاركة: الأمريكية NASA والروسية Roscosmos واليابانية JAXA والأوروبية ASE والكندية CSA (الشكل 1) [10].



الشكل 1. صورة للمحطة الدولية الفضائية

استطاع علماء القرن الواحد وعشرين الوصول إلى معطيات مذهلة حول النظام الشمسي بفضل عشرات التلسكوبات والمسابر الفضائية التي صممتها وأرسلتها الوكالات الفضائية المختلفة على مدار السبعين سنة الماضية. لكن

يبقى التليسكوب هابل (Hubble) من أهم الإنجازات على الإطلاق، كونه التليسكوب الوحيد الذي بقي في الفضاء الخارجي لمدة أكثر من ثلاثين عاما.

3. التليسكوب هابل: بداية مرحلة جديدة

في 25 أفريل 1990، أرسلت الوكالة الفضائية الأمريكية ناسا، بالاشتراك مع الوكالة الفضائية الأوروبية، التليسكوب هابل في الفضاء، على بعد 600 كيلومتر من الأرض. كانت مهمة هابل هي قضاء خمس عشرة سنة على الأقل في استكشاف أبعد مناطق الكون. لكن تجاوز هابل هذا الهدف بكثير، حيث قام بمراقبة الكون لأكثر من 30 عامًا. خلال فترة وجوده في المدار، رصد التلسكوب هابل أكثر من 1.5 مليون عملية مراقبة، واستخدم الباحثون هذه البيانات لنشر أكثر من 19000 مقال علمي حول عدة مواضيع، [11].

الشكل 2. صورة لمجرة NGC 2525، التقطها التلسكوب هابل [11].

تقع مجرة NGC 2525 على بعد 70 مليون سنة ضوئية من الأرض، وهي جزء من كوكبة تسمى الكوثل Puppis ولها ثقب أسود هائل في مركزها.

في حين أنه يكاد يكون من المستحيل تقديم قائمة شاملة بجميع المساهمات العلمية التي قدمها هابل حتى الآن خلال مسيرته المهنية، فقد ساهمت ملاحظات التلسكوب في فهم تطور المجرات ونموها ووجود ثقوب سوداء في معظم

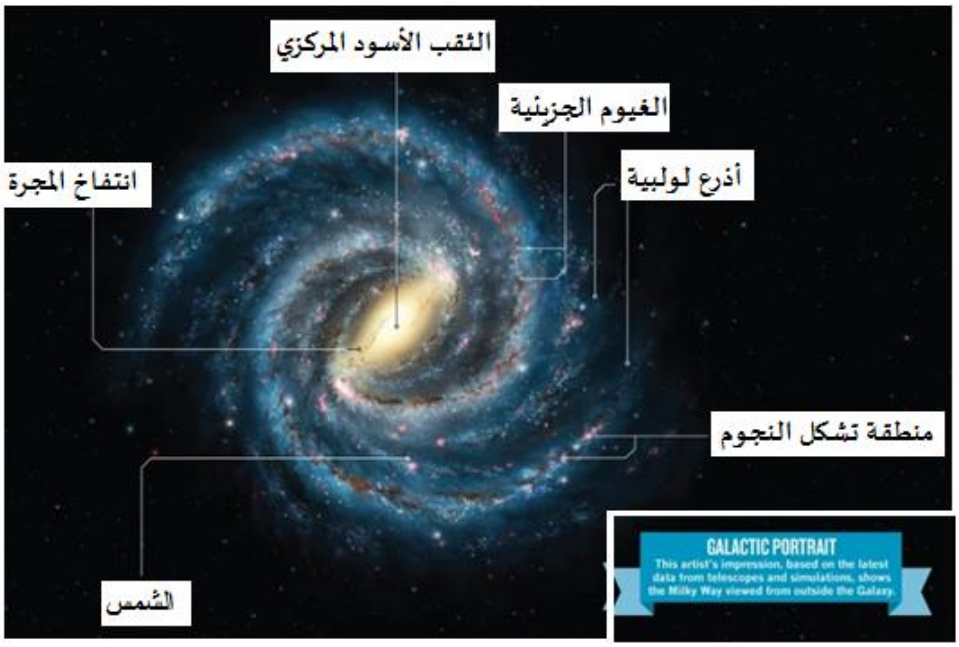
المجرات وولادة النجوم وطبيعة الغلاف الجوي للكواكب خارج النظام الشمسي. لقد غيرت استكشافات هابل بشكل أساسي تصورنا ومعرفتنا للكون وستستمر في الكشف عن رؤى جديدة لسنوات عديدة أخرى (الشكل 2)، [11].

سوف نعرض فيما يلي بعض المعطيات الجديدة التي ساهم فيها التليسكوب هابل عن مجرة درب التبانة التي يُشكل نظامنا الشمسي جزءا منها.

4. مجرة درب التبانة

المجرة هي عبارة عن مجموعة ضخمة من الغاز والغبار ومليارات النجوم والكواكب والأقمار، جميعها مرتبطة ببعضها البعض بفعل الجاذبية [12]. يقع نظامنا الشمسي في مجرة درب التبانة التي تتكون من تجمع عدد هائل من الأجرام السماوية على شكل قرص متموج يحتوي على ما بين 100 إلى 400 مليار نجم وأكثر من 100 مليار كوكب (الشكل 3) [2]. يتراوح قطرها ما بين 20000 و 100000 سنة ضوئية. (السنة الضوئية هي المسافة التي يقطعها الضوء في الفراغ خلال سنة واحدة، وتُقدر بـ 9.46×10^{12} كيلومتر).

تتكون مجرة درب التبانة من مركز متطاول الشكل به مليارات النجوم، تمتد منه أربعة أذرع لولبية رئيسية وهي: Bras de Persée وBras de la règle et du Cygne و Bras Écu-Croix و Bras Sagittaire-Carène. يقع النظام الشمسي على أطراف المجرة، في أحد الأذرع الحلزونية الثانوية المُتفرع من ذراع كوكبة القوس (ذراع الجبار Orion)، على بعد حوالي 27000 سنة ضوئية من المركز الذي يدور حوله بسرعة 230 كم/ ثانية (الشكل 3).



الشكل 3. رسم فني لمجرة درب التبانة بالاعتماد على معطيات التليسكوبات والمحاكاة [2]

5. النظام الشمسي

يُعرف المؤلفون النظام الشمسي بأنه مجموعة الأجرام الخاضعة لمجال جاذبية الشمس التي تُمثل 99.8 % من الكتلة الكلية للنظام. يقع النظام الشمسي في إحدى أذرع مجرة درب التبانة على بعد حوالي 26000 سنة ضوئية من مركزها وعلى بعد 280000 سنة ضوئية من مركز المجرة الذي يدور حوله النظام الشمسي في مدة تقدر بـ 200

مليون سنة وهي ما تُسمى بسنة المجرة. وفقًا للتعريفات التي وضعها الاتحاد الفلكي الدولي في 2006 [3]، فإن نظامنا الشمسي يتكون من خمسة أنواع من الأجرام: نجمة واحدة (الشمس)؛ الكواكب (وعددها ثمانية)؛ الكواكب القزمة؛ أجسام صغيرة في المجموعة الشمسية؛ الأقمار (الشكل 4).

الشكل 4. صورة تُمثل الأجسام التي تكون النظام الشمسي [13]

الشمس، الكواكب الصخرية (عطارد، الزهرة، الأرض، المريخ) ثم حزام الكويكبات، الكواكب الغازية (المشتري وزحل)، الكواكب الجليدية (أورانوس ونبتون) ثم حزام كويبر الجليدي (من اليسار إلى اليمين).

1.5. الشمس

هو النجم الوحيد في النظام الشمسي. ويُعرف النجم على أنه كرة من الغاز الساخن جدا، تحدث في داخله تفاعلات نووية تجعل منه مصدرا للضوء والحرارة. الشمس عبارة عن نجم قزم أصفر يتكون من 75 % من غاز الهيدروجين و25 % من غاز الهيليوم، وتصل درجة الحرارة على سطح الشمس إلى حوالي 6000 درجة مئوية. كما يُقدر العلماء درجة حرارتها في المركز بـ 15 مليون درجة مئوية، مما يسمح لذرات الهيدروجين بالالتحام لإعطاء الهليوم وإطلاق الطاقة (تفاعل الاندماج النووي).

2.5. الكواكب

الكوكب هو جرم سماوي يتميز بأنه يدور حول الشمس، أو نجم آخر، في فلك محدد، لديه كتلة كافية تفوق جاذبيتها قوى الاحتكاك مما تسمح لة بتثبيت التوازن الهيدروستاتيكي، ويقوم بإبعاد كل جسم يقترب من مداره. وفقا لهذا التعريف، فإن النظام الشمسي يحتوي على 8 كواكب وهي: عطارد والزهرة والأرض والمريخ والمشتري وزحل وأورانوس ونبتون [3]. (الشكل 4). تُسمى الكواكب الأربعة القريبة من الشمس (عطارد والزهرة والأرض والمريخ) بالكواكب الصخرية، وهي ذات طبيعة صخرية، يفصلها حزام الكويكبات عن الكواكب العملاقة الأخرى. يتميز كوكبي المشتري وزحل بطبيعتهما الغازية في حين يتميز أورانوس ونبتون بطبيعتهما الجليدية.

3.5. الكواكب القزمة

حدد الإتحاد الفلكي الدولي (2006) عدة شروط لتصنيف أي جرم سماوي على أنه كوكب قزم وهي:

- الدوران في مدار حول الشمس؛
- لديه كتلة تفوق جاذبيتها قوى الاحتكاك مما تسمح لة بتثبيت التوازن الهيدروستاتيكي؛
- لا يقوم الكوكب القزم بإبعاد كل جسم يقترب من مداره؛
- ليس بقمر.

تم تمييز لحد الآن خمسة كواكب قزمة وهي: بلوتو Pluto (الذي كان يُعتبر الكوكب التاسع في النظام الشمسي قبل سنة 2006) وسيريس (Ceres) وماكيماكي (Makemake) وهوميا (Haumea) وإيريس (Eris) [3].

4.5. الأجرام الصغيرة

تشمل كل الأجرام السماوية الصغيرة التي توجد في النظام الشمسي، وهي مُمثلة أساسا بالمذنبات والنيازك، بالإضافة إلى الغبار بين الكواكب والحبيبات التي تتركز في حلقات الكواكب العملاقة (مثل حلقات كوكب زحل)، [3].

تتجمع المذنبات والنيازك في ثلاث مجالات مُشكلة أحزمة بين الكواكب وهي كالآتي:

- **حزام الكويكبات**. تتجمع عشرات الملايين من الكويكبات في الحزام الذي يقع بين مداري المريخ والمشتري على مسافة 2.8 وحدة فلكية (وهي متوسط المسافة بين الأرض والشمس بحيث 1 وحدة فلكية = 149597870 كم). يتكون حزام الكويكبات من أجسام صخرية متباينة الأحجام التي في حال انحرافها عن المدار، قد تصطدم بالأرض مُشكلة النيازك.
- **حزام كويبر** Kuiper . يقع حزام كويبر على بُعد 35 إلى عدة مئات وحدة فلكية وهو مُكون من أجسام جليدية، المُعروفة بالمذنبات.
- **سحابة أورت** Oort . لايزال مفهوم سحابة أورت نظريا لغاية الآن [7] وذلك لعدم ملاحظة أجسامه الجليدية إلا بعد انحرافها عن السحابة في هيئة مُذنبات طويلة المدى. يتفق أغلب الباحثين على أن سحابة أورت تقع بين 50000 و100000 وحدة فلكية. وهي ذات شكل كروي مُشكلة من مئات المليارات من الأجسام الجليدية التي تُمثل حواف النظام الشمسي (الشكل 5).

الشكل 5. رسم يُمثل سحابة أورت، تقع الشمس في مركزها، [4]

5.5. الأقمار

يحتوي نظامنا الشمسي على أكثر من 200 قمرًا طبيعيا يمكنها أن تدور حول الكواكب والكواكب القزمة والكويكبات وغيرها من الحطام. تمتلك الكواكب الداخلية أقل عدد من الأقمار مقارنة مع تلك الخارجية. كما أنه ليس لدى عطارد والزهرة أي قمر، في حين للمريخ قمران صغيران، وتتميز الأرض بقمر واحد فقط. يمتلك كل من كوكب المشتري وزحل العشرات من الأقمار، ولدى أورانوس ونبتون أكثر من عشرة أقمار (الجدول 1).

الجدول 1. الخصائص الرئيسية لكواكب النظام الشمسي [14]

الكوكب	القطر (كم)	المسافة من الشمس (AU)	كتلة (/ الأرض)	عدد الأقمار المعروفة
عطارد Mercure	4879	0.39	0.055	-
الزهرة Vénus	12104	0.72	0.815	-
الأرض Terre	12746	1	1	1
المريخ Mars	6780	1.5	0.107	2
زحل Jupiter	142984	5.2	318	67
المشتري Saturne	114632	9.5	95	62
أورانوس Uranus	50532	19.2	14	27
نبتون Neptune	49105	30.1	17	13

6. الوكالة الفضائية الجزائرية

تم إنشاء الوكالة الفضائية الجزائرية (ASAL) بالمرسوم الرئاسي رقم 02-48 المؤرخ في 16 يناير 2002، ويقع مقرها بأعالي العاصمة (بوزريعة). وهدفها الرئيسي هو جعل الفضاء عاملا قويًا للتنمية الاقتصادية والاجتماعية والثقافية للوطن وضمان أمن ورفاهية المواطنين.

تتألف اللجنة العلمية للوكالة الفضائية الجزائرية من خبراء في مجالات تقنيات وتطبيقات الفضاء [15]. تهتم الوكالة بأربعة محاور بحثية رئيسية وهي:

- الموارد الطبيعية؛
- الأخطار الكبرى؛
- الاتصالات؛
- البنيات التحتية والتجهيز.

في سبيل ذلك تقوم الوكالة برصد الأرض وجمع المعطيات المتعلقة بمحاور البحث عن طريق الأقمار الصناعية التي أطلقتها في الفضاء منذ 2002. وهذه نبذة مختصرة عن الأقمار الصناعية التي أطلقتها الوكالة الفضائية الجزائرية بالشراكة مع مختلف الوكالات الفضائية الدولية:

أ. أول قمر اصطناعي جزائري هو Alsat 1، تم إطلاقه في 28 نوفمبر 2002 من المحطة الفضائية الروسية Plesetsk؛

ب. يوفر القمر الصناعي Alsat-1B استمرارية التغطية الوطنية التي كان يوفرها سابقاً القمر الصناعي Alsat-1؛

ج. تلاه القمر الصناعي Alsat-2A، الذي تم وضعه في المدار في 12 يوليو 2010، انطلاقا من المحطة الفضائية

الهندية Sriharikota؛

د. تم وضع Alsat-2B في المدار في 26 سبتمبر 2016؛

هـ. القمر الصناعي Alcomsat-1 الخاص بالاتصالات تم إطلاقه في 11 ديسمبر 2017 من الصين ووضعه في مدار ثابت بالنسبة إلى الأرض في 18 ديسمبر 2017. تدوم فترة حياته 15 سنة.

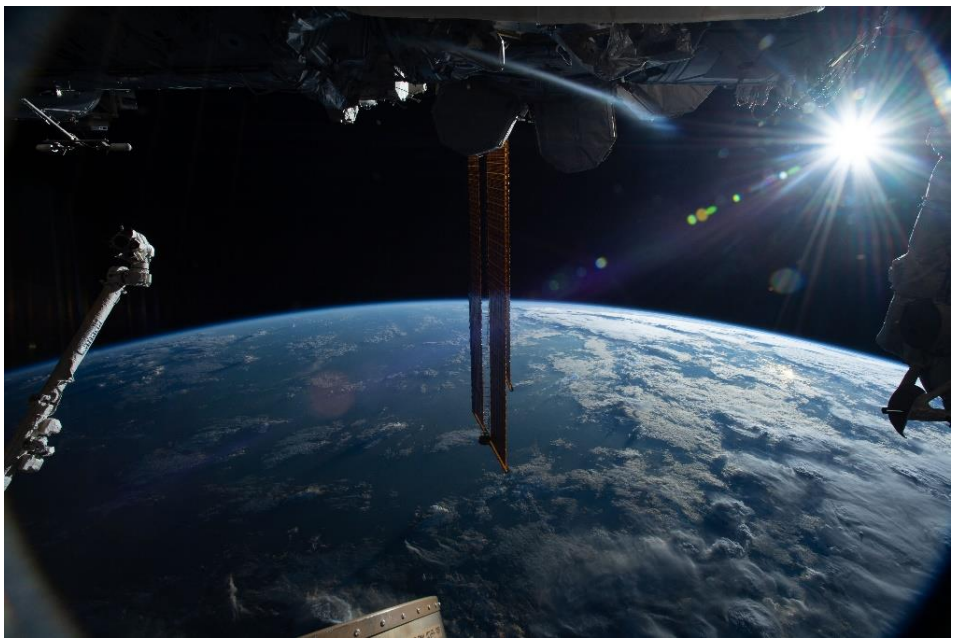
7. خلاصة

نشهد اليوم تسارعا أُسيا في شتى الميادين العلمية بفضل التطور التكنولوجي والرقمي للوسائل. واللافت أن ثمّة بعض التصورات الميتافيزيقية راسخة في أذهان الكثير من الشعوب والثقافات والحضارات المختلفة التي يحتضنها العالم، خاصة تلك المرتبطة بالأرض والكون. لكن تطور وسائل المعرفة من أهم دعائم تقدم العلوم، حيث ساهمت هذه الأخيرة عبر الزمن في تطور إدراك البشرية لمفاهيم علمية متعددة.

تأخرت البشرية في الوصول لغزو الفضاء حينما كانت فرق البحث الدولية تعمل في معزل عن بعضها البعض، لكن تحالف الباحثين المتخصصين في علم الفلك والفيزياء والكيمياء والرياضيات وعلوم الأرض والحياة والتكنولوجيات والبرمجيات وغيرها من التخصصات الدقيقة في مراكز البحث العالمية، ساهم في قطع أشواطٍ عملاقة في كشف خبايا الكون. ولعل آخر تلسكوب فضائي "جيمس ويب" (James-Webb) الذي تم إرساله في 25 ديسمبر 2021 من طرف وكالة ناسا بالمشاركة مع الوكالتين الفضائيتين الأوروبية والكندية لمساندة تليسكوب هابل أكبر دليل على ذلك.

في انتظار ما سيرسله هذا الأخير من معطيات حول الكون، نستمتع بهذه الصورة لكوكب الأرض (الشكل 6)، المأخوذة من المحطة الدولية الفضائية من طرف رائدة الفضاء الأمريكية آن ماككلاين (Anne McClain)، صباح يوم الخميس 21 فبراير 2019 [16].

تبقى المعرفة العلمية أسيرة أدواتها، وتطورها مقترن بتطور وسائلها ومدى إدراك الباحثين والمسؤولين لأهمية العمل في فرق متعددة التخصصات والجنسيات.



الشكل 6. صورة لكوكب الأرض مأخوذة يوم 21 فبراير 2019 من المحطة الدولية الفضائية، [16].

المراجع

1. Borucki, W.J., Dunham, E.W., Koch, et al., Fresip: A mission to determine the character and frequency of extra-solar planets around solar-like stars, Astrophysics and Space Science, 241, 111-134, 1996.
2. Finkbeiner, A., Galaxy formation: The new Milky Way, Nature, 490, 24–27, 2012.
3. IAU, General Assembly, Nvncio Sidereo III Prague, Czech Republic, 2006.
4. Moore P., 2008 Yearbook of Astronomy, Macmillan UK, 2007.
5. Philip, N., L'encyclopédie de la mythologie: Dieux, héros et croyances du monde entier, Rouge et Or, 2010.
6. Sluiter, E., The Telescope before Galileo, Journal for the History of Astronomy, 28(3), 223-234, 1997.
7. Whipple, F.L., Turner, G., McDonnell, J.A.M., Wallis, M., A Review of Cometary Sciences, Philosophical Transactions of the Royal Society A. 323 (1572), 339–347, 1987.
8. https://metiers-du-spatial.com/metiers/
9. https://cnes.fr/fr
10. https://www.cite-telecoms.com/blog/histoire/histoire-conquete-spaciale/station-spatiale-internationale-liss/
11. https://www.nasa.gov/content/about-the-hubble-story
12. https://spaceplace.nasa.gov/galaxy/en/
13. http://spcfa.canalblog.com/archives/2016/01/30/33291272.html
14. https://solarsystem.nasa.gov/solar-system/oort-cloud/overview/
15. https://asal.dz/
16. https://www.nasa.gov/image-feature/good-morning-from-the-space-station

جيمس ويب James Webb (1906-1992) ثاني مدير لوكالة ناسا (1961-1968)، وهو الذي سُمّي باسمه التلسكوب الفضائي جيمس ويب.

وجهة نظر حول المنهج التجريبي في علوم الطبيعة والحياة

محمد محديد

أستاذ بقسم العلوم الطبيعية، المدرسة العليا للأساتذة، القبة

mohamed.mahdid@g.ens-kouba.dz

كثيرا ما تتلقى المجالس العلمية طلبات إعادة صياغة كلية أو جزئية لمذكرات وأطروحات، أثناء المراحل المتقدمة من البحث، خاصة تلك التي تتناول مواضيع تطبيقية في ميدان العلوم الطبيعية والبيولوجيا؛ وذلك بسبب تغيير في منهجية البحث وإعادة النظر في بعض سيناريوهات مخطط العمل. يبدو هذا الأمر للبعض غير صحي وغير عادي! قد يُرجعونه إلى حدوث مشكلة تقنية أو لخلل في مخطط العمل المصاغ مسبقا، أو حتى افتقادًا للافتراضات التي انطلق منها البحث. لكن في حقيقة الأمر، لو اعتمدنا على المنهج التجريبي الصحيح والخاص بعلوم الطبيعة والأحياء فهو أمر عادي، وعكس ما قد يبدو للعامة. لفهم ذلك علينا التوغل فلسفيا في فهم معمق للمنهج التجريبي في علوم الطبيعة والأحياء، وهو هدف هذه المقالة. سنحاول شرح هذا المنهج بالتفصيل؛ وسنعرض أسسه وخطواته بشكل نتوخّى فيه الدقة.

1. المنهج التجريبي

يُمثل المنهج التجريبي experimental method أحد القواعد العامة الموضوعة من أجل الوصول إلى الحقيقة في العلوم التجريبية. كما أنه عبارة عن طريقة أو وسيلة يستخدمها ويسلكها الباحث لدراسة وقائع تجريبية والتحكم فيها، والتَّنبُّؤ بحيثياتها، لما يتميز به من ثقة عالية في النتائج التي يتم التوصل إليها. يُعتبر المنهج العلمي محور اهتمام كبير من قبل الباحثين المُختصِّين في مجموعة كبيرة من العلوم.

من بين أدوات البحث العلمي المُستخدمة في المنهج التجريبي أداة المُشاهدة والمُلاحظة، مجرّدة أو مدعومة بوسائل وتقنيات متعددة ومتنوعة، ومتبوعة بفحص ودراسة المعطيات المتحصل عليها بالاعتماد غالبا على الطرق الإحصائية.

كان معنى المنهج العلمي عند أفلاطون مرادفا لمعنى النظر أو المعرفة. أما عند أرسطو فهو مرادف لكلمة البحث. يُعتبر العلماء المسلمون أوّل من طرح المنهج التجريبي الذي نقله عنهم فيما بعد علماء الغرب هروباً من الفكر الكَنَسي.

يقول روبرت بريفولت Robert Briffault في كتابه تكوين الإنسانية: "أسبقية العرب والمسلمين من فرانسيس بيكون Francis Bacon(1561-1626) ولا قبله روجر بيكون Roger Bacon (1220-1292). يُعتبر الحسن بن الهيثم (965-1040م) من أبرزهم،حيث طوّر طرقاً دقيقةً للتجارب العلمية المُتحكّم بشروطها ليتمكّن من التأكّد من صحة الفرضيات والتخمينات الاستقرائية التي تقوم على الدليل. وهي طريقة مشابهة لعلماء العصر الحديث في البحث العلمي والتي تتضمّن مراقبة نتائج التجربة عن طريق تكرارها، واختبار الفرضيات، والحاجة إلى دليل مستقل للتأكد من صحتها. يقول ابن الهيثم: "لمعرفة الحقيقة عبر الكتابات العلمية على الباحث أن يكون ناقدا وشاكًا في كل ما يقرؤه، وأن تكون نظرياته موضوع تمحص وتدقيق في كل بحث من أبحاثه لدرء كل حكم مسبق لها."

لقد كان للمنهج التجريبي الأثر الجلي في تقدم العلوم الطبيعية والحيوية، فبواسطته تمكّن الإنسان من اكتشاف ما يمكن اكتشافه من الأسباب الكامنة وراء الظواهر الطبيعية. ولم يقتصر أثره على هذا فحسب، وإنما

استطاع الإنسان بواسطته أن يعرف إلى أي مدى يؤثر السبب في النتيجة، مما يجعل من السهل إحداث أي تغيير إصلاحي على الظاهرة المراد دراستها.

تمتاز الخاصية الأساسية للبحث التجريبي باستعمال متغير واحد على الأقل، يتبع بمراقبة باقي المتغيرات المرتبطة بطريقة تسمح بقياس تأثير المتغير الأول على الآخر. أي أن المنهج التجريبي محاولة لتحديد العلاقة السببية بين متغيرات محددة. وقد يطلق على المتغير التجريبي السبب أو المسبب cause. عموما، يهدف البحث التجريبي إلى دراسة مجموعتين أو أكثر من عينات الدراسة للمقارنة، وهو النمط الملائم الذي يسمح بتوضيح جيد للسببية causality.

2. فلسفة المنهج التجريبي في علوم الطبيعة والحياة

يختلف المنهج التجريبي في العلوم الطبيعية عنه في العلوم الجامدة والعلوم الإنسانية والاجتماعية، وذلك بسبب اختلاف طبيعة الظواهر بينهم. فالظواهر في العلوم الطبيعية يمكن قياسها بدقة متناهية، وهذا راجع إلى قدرة الباحث على التحكم بالمتغيرات المؤثرة في الظواهر بدرجة عالية من الثبات والصدق والموضوعية. أما الظواهر الإنسانية والاجتماعية، فهي تتصف بالتعقيد نظراً لتأثر تصرفات الفرد ومواقفه واتجاهاته بمقومات شخصيته، والتي هي تركيبة معقدة من العوامل النفسية والجسدية والذهنية والمزاجية. تختلف إجابات الأشخاص المعنيين ومواقفهم تجاه أي مشكلة، كما أنها قد تختلف بالنسبة للشخص نفسه من وقت إلى آخر حسب حالته النفسية ووضعه المزاجي.

العمل التطبيقي والميداني، وهو أحد أُسس التجريب، عبارة عن تغيير متعمد ومضبوط للشروط المحددة لحادثة ما، وملاحظة التغيرات الناتجة في الحادثة ذاتها وتفسيرها، والتحكم في المتغيرات وتغيير العوامل الثابتة أو المستقلة من أجل دراسة تأثير هذا التغيير على العامل التابع أو المتحول. يعتمد التجريب التطبيقي على إمكانات ووسائل مخبرية وميدانية متنوعة ومعتبرة.

يقوم المنهج التجريبي على الاستقراء، وهو نهج استقرائي في الأساس. وكان أرسطو أول من أصّل استخدام الاستقراء، ثم طوره ورسخه العالم الحسن بن الهيثم. يُبنى الاستقراء على المنطق، ويُعرف بالعملية التي على أساسها يرتقي الباحث العلمي من الحالات البسيطة إلى قواعد وأسس عامة وذلك للحصول على نتائج أهم.

3. الاستقراء في المنهج التجريبي

يعتبر المنهج الاستقرائي هو المنهج المتبع في العلوم الطبيعية، يقوم بتحديد الإشكالية أو الظاهرة محل البحث من أجل مُتابعة تفصيلها، والتعرف على مسبباتها معتمدا على الملاحظة والتجربة والتحكم بالعوامل والمتغيرات للوصول إلى الاستنتاجات النهائية. فيكون بذلك عكس المنهج الاستنباطي، إذ يبدأ من المسائل الجزئية لاستخراج القوانين العامة الكلية منها. يقوم المنهج الاستقرائي على الوصف والتعريف والتصنيف، ثم البحث عن الروابط والعلاقات بين الظواهر المتشابهة، ثم وضع الفرضيات التي يمكن من خلالها تفسير هذه الروابط، وأخيرا إجراء التجارب لاختبار صحة هذه الفرضيات.

حسب بعض الفلاسفة، هناك نوعان من مشروعية الاستقراء: الأول مبرّر ومشروع، وتكون نتائجه مطلقة ودقيقة حسب العقليين؛ والآخر غير مشروع وغير مبرر، وتكون نتائجه نسبية وغير دقيقة حسب التجريبيين.

4. مبدأ الحتمية

هناك نوعان أساسيان من الحتمية: مطلقة ثابتة ونسبية متغيرة. فحسب مبدأ الحتمية، يتحدد حدوث الظواهر بحدوث أسبابها، فمثلا تحدث عملية التبخر بوجود درجة الجرارة. لذلك ذهب الكثير من الفلاسفة، مثل كلود

برنارد Claude Bernard (1813-1878) ولابلاس Laplace (1749-1827) وبوانكاريه Poincaré (1854-1912) وغوبلو Goblot (1858-1935)، إلى اعتبار أن العلم حتمي بالبرهنة، وأن مبدأ الحتمية مطلق، مع نسبية النتائج بسبب جهل أسبابها وتفاصيل عملياتها وآلياتها. وهذا لا يعني عدم مشروعية الاستقراء وافتقاده لصفة التبرير. إن جهل السبب لا يعني عدم وجود مبدأ الحتمية، لذلك تعتبر العلوم الطبيعية من العلوم غير الدقيقة نظرا لما سلف ذكره.

يُصنّف البحث العلمي التجريبي في العلوم الطبيعية والحيوية حسب الهدف المسطر له إلى: أساسي (أكاديمي) وتطبيقي. ويمكن الوصول عبر كليهما إلى نتائج أصلية نسبيا أو بدرجة لافتة.

5. أنماط البحث حسب الطرق

يمكن تصنيف الأبحاث حسب الطرق إلى:

- أبحاث ابستمولوجية معرفية؛
- أبحاث وصفية؛
- أبحاث معتمدة على الترابطية أو الارتباط correlation؛
- أبحاث الأثر الرجعي: حدوث السبب والنتيجة ويتم التحقق من ذلك بأثر رجعي. يُطلق عليها أيضا أبحاث إجرائية تطويرية؛
- أبحاث تجريبية.

في علم الأحياء biology، الذي هو فرع أساسي من فروع العلوم الطبيعية، يكون الأستاذ المشرف على موضوع بحث ما ملمًّا بتفاصيل الموضوع وحيثياته، غايته البحث في آيات الله وخلقه، من تكوّنها ونموها وتطورها عبر نُظم وآليات متناسقة، تحمل في طياتها العديد من التساؤلات وعلامات الاستفهام الكثيرة والحلقات المفقودة. ونظرا لتعقيدها وصعوبة إدراك العقل البشري لمكنوناتها ومضامينها فإنها تندرج في إطار العلوم غير الدقيقة في نظر العقل البشري. لكن في المقابل، هي دقيقة وفق قوانين ونُظم سنها الخالق سبحانه وتعالى. فكثير من الظواهر أو العمليات التلقائية أو العشوائية، تَبيّن فيما بعد أنها تخضع لقوانين مضبوطة ودقيقة.

يمكن القول إنه بالإمكان إخضاع المادة الحية للتجريب بالرغم من الصعوبات والعراقيل التي تعترض العلماء. وهذه الإمكانية راجعة أساسا إلى ما عرفه العلم من تقدم في الطرق والوسائل والمواد. على أن المؤكد هو أن التجريب على المادة الحية ليس بتلك الدرجة من الدقة التي يتم فيها التجريب على المادة الجامدة.

6. خطوات المنهج التجريبي

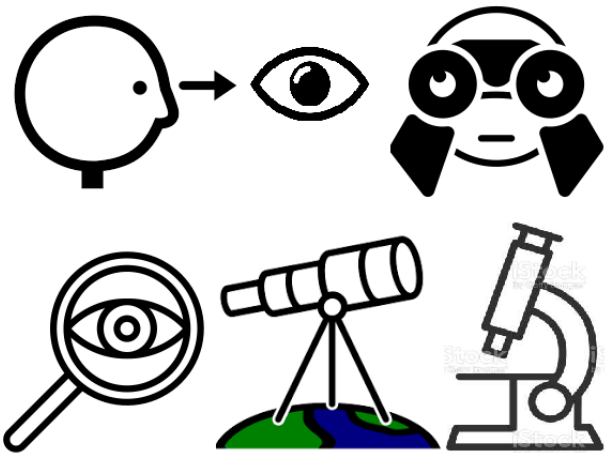
تشمل خطوات المنهج التجريبي سبع خطوات أساسية:

1- الملاحظة: ملاحظة ظاهرة علمية؛
2- طرح المشكلة أو المشكلات أو اتباع توصية من توصيات أبحاث سابقة؛
3- ذكر وتحديد الفرضيات الممكنة؛
4- التوقعات الممكن الوصول إليها في سيناريو مخطط العمل؛
5- إجراء التجربة، والتحقق بالتكرار والتأكد؛
6- دراسة النتائج وتحليلها؛
7- الإجابات الممكنة للمشكل أو المشكلات (المناقشة).

وطبقا لخطوات المنهج التجريبي سالفة الذكر يُبنى مخطط العمل.

أ. الملاحظة

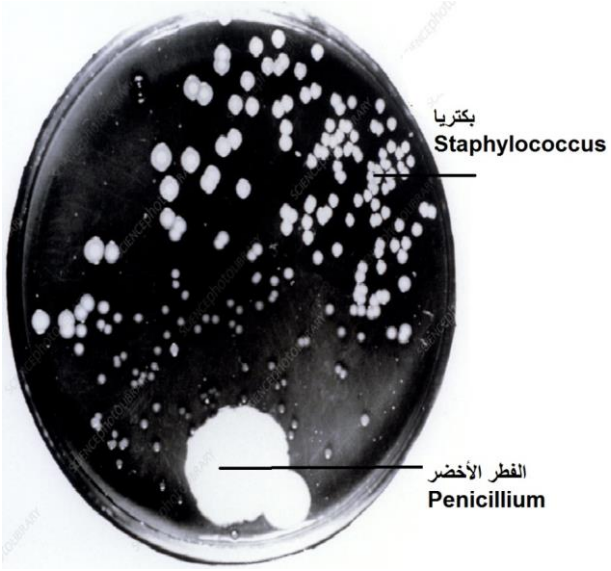
حققت بعض الملاحظات العابرة ثورات علمية باهرة! ومكنت الباحثين من اكتشاف جوانب مفيدة! العديد من هذه الاكتشافات العلمية لم تكن ضمن سيناريو مخطط العمل. وللملاحظة شروط يجب توفرها للأخذ بها، منها الموضوعية، مجسدة في نتائج ذات مصداقية، ومعالجة فيما بعد إحصائيا.



شكل 1. تعتبر الملاحظة في المنهج التجريبي أهم خطواته الأساسية. وقد تكون مجردة أو باستعمال إحدى الوسائل المتطورة. هناك الكثير من الظواهر الطبيعية الحيوية قد تكون أساسا نتاج عملية بيولوجية في غاية التعقيد وتخضع لقوانين مُحكمة. على الباحث تسجيل كل جزئية مما يلاحظه أثناء التجربة، حتى ولو تكون عابرة. فقد تكون انطلاقة لاكتشاف أو تفسير في غاية الأهمية في العمل التجريبي.

من أمثلة النتائج غير المتوقعة، اكتشاف المضاد الحيوي البنسلين penicillin من قِبل ألكسندر فليمنغ Alexander Fleming سنة 1929، وكانت منطلقات أبحاثه حول تأثير مادة الليسوزيم lysozyme على البكتريا الضارة. بعد أن قام فليمنغ بتنمية الكثير من المستعمرات البكتيرية في أطباق استزراع بها أوساط غذائية، لاحظ أن بعض مستعمرات البكتريا تذوب وتتلاشى حول مستعمرة من الفطريات (العفن الأخضر) في المزرعة التي أعدّها في مختبره. جاءت الفطريات عن طريق عدوى contamination في وسط الزراعة البكتيرية، واستنتج من ذلك أنها تُفرز مادة حول مستعمرة البكتيريا الأقرب لها، وأن هذه المادة قاتلة للبكتريا العنقودية staphylococcus. أطلق فليمنغ على هذه المادة اسم البنسلين أي العقار المستخلص من العفونة، وهي مادة غير سامة للإنسان أو الحيوان. بعدها قام بتحويل مسار أبحاثه إلى دراسة هذه المادة واستخلاصها من الفطر، ودراسة تأثيرها على حياة ونمو أنواعٍ كثيرةٍ من البكتريا. وبالتالي، حدوث تغيير كلي في الموضوع وخطة العمل والهدف!

هناك العشرات من الاكتشافات والاختراعات التي تمت عبر الملاحظة بالصدفة، مما يدل على أن صفة الملاحظة والتمعن أبرز مرحلة وأهم محطة في المنهج التجريبي.



شكل 2. حول المنطقة التي نما فيها العفن الأخضر نتيجة عدوى جرثومية حال دون نمو البكتريا، منه ومن هذه الملاحظة تساءل صاحب التجربة العالم فليمنغ عن السبب. هذه الملاحظة قادته بعد إجراء العديد من التجارب إلى اكتشاف مادة البنسلين التي يصنعها العفن والتي هي مضاد حيوي Antibiotic فعال ضد البكتريا.

ب. مخطط العمل

يُبنى مخطط العمل الخاص بالبحث، وبالخصوص الجانب التجريبي منه على أساس سيناريو مُحكَم التنظيم، يحمل في طياته خطوات التجربة مفتوحة المنافذ. يمثل هذا المخطط خارطة طريق البحث التجريبي. يكون المشرف ملمًّا ومطلعًا على الأساس النظري للموضوع، والإشكاليات المطروحة، ويستعين بتوصيات البحوث السابقة ذات الصلة بالموضوع.

لكن مخطط العمل هذا والخاص بالبحث التجريبي الأصلي لا يكون نهائيا ومفصولا فيه تماما إلا بعد السير والتقدم في العمل به، وذلك لأن خطوات المنهج التجريبي سالفة الذكر غير نهائية وتامة، ومعتمدة على التجارب الأولية وملاحظات نتائجها.

انطلاقا من التساؤلات التي يخرج بها كل بحث، وانطلاقا من علامات الاستفهام الكثيرة والحلقات المفقودة، يقوم المشرف على البحث برسم خطة عمل ممنهجة ومتدرّجة مرتكزا على طرق ووسائل بحث معتمدة، ويقوم بالتجريب علّه يجد إجابات لبعض التساؤلات المطروحة في موضوع الدراسة.

في أبحاث البيولوجيا، يعتبر الفصل الخاص بالمواد والطرق المستعملة materials and methods أهم جزء في المنهج التجريبي، تُفصّل فيه بدقة تقنيات العمل التجريبي من بدايته إلى نهايته، ويُقدم فيه وصف تقني دقيق للأجهزة المستعملة apparatuses ونوعيتها، والمواد البيولوجية biological materials والكيميائية chemical products والزجاجيات glaceware والتركيبات التجريبية experimental devices.

شكل 3. يشرع في طرح المشكلة أو المشكلات وتحديد الفرضيات الممكنة، مع التوقعات الممكن الوصول إليها في سيناريو معين مدون في مخطط عمل. يتطلب في هذه المرحلة الإلمام بالموضوع قيد البحث بقراءة عشرات المقالات والمنشورات. البحث في الحلقات المفقودة بالنظر أيضا في توصيات أبحاث سابقة، ومنه يتم طرح الفرضيات الممكنة.

كما يتم وصف الطرق التجريبية التحليلية، والتشريحية، والتقديرية والوصفية، حسب طرق معتمدة وذات مصداقية من قِبل باحثين وعلماء. ويتم أيضا في هذا الفصل شرح ظروف التجربة من بدايتها إلى مرحلة أخذ العينات، ووصف وتحليل ودراسة المعطيات إحصائيا. لذا يُشترط في النشر كتابة الأدوات والمواد البحثية المستعملة والطرق المتبعة، وذلك لمعرفة صدقية العمل، ومن أجل ذلك يُشترط أن تكون الطرق المتبعة معتمدة ومنشورة، أي أنها ذات مصداقية.

7. هل النتائج الأولية هي من توجه البحث ومخطط عمله أو العكس؟

فلسفيا، المفروض الحالة الأولى، على أن عناوين المواضيع المقترحة ليست بالضرورة نهائية في الأساس وتعدل جزئيا فيما بعد.

إن الغرض من التجارب التطبيقية حسب المنهج التجريبي هو الحصول على نتائج متوقعة وفق الطرح الافتراضي. لكن ما يحدث في كثير من الأحيان الحصول على نتائج غير متوقعة. وهنا، على الباحث التأكد من النتيجة ثم تكييف مخطط العمل حسب سيناريو أو مخطط عمل جانبي جديد.

النتائج المتحصل عليها هي الغاية التي يصبو إليها أي بحث تجريبي. يقول خبراء مناهج البحث التجريبي إن النتيجة هي النتيجة مهما كانت أهميتها! أكيد، هدف البحث التجريبي الحصول على نتيجة إيجابية مفيدة تُحدث نقلة في العلم والاكتشاف، لكن النتيجة السلبية، والتي نقصد بها تلك التي لم تأت بجديد أو غير ذات أهمية، هي مهمة أيضا من عدة نواحٍ:

- تعطي فكرة عن الموضوع قيد البحث؛
- تنبه الباحثين إلى النأي عن البحث في مسار معين؛
- توجه مسار البحث في الموضوع؛

لذا، مهما كانت النتائج المتحصل عليها فإنها تستحق المناقشة والنشر.

شكل4. هل النتائج هي التي تسير مخطط العمل، أم العكس؟ تعطي النتائج للباحث أفكارا وسيناريوهات العمل في منهجية موضوع البحث. وبالتالي فإن مخطط العمل مرتبط ومقيد بالنتائج الأولية المتحصل عليها.

يقول عالم النفس الأمريكي ألان بوميستر Alan Baumeister إن على الباحث أن يكون **حكيمًا ويقظًا وذكيًا** لاستغلال الصُدف. ويستشهد عالم النفس الكندي كيفن دنبار Kevin Dunbar بقول لويس باستور Louis Pasteur "تستهدف الفرصة العقل المهيأ لها فقط"، ويوضح أن العقل المهيأ هو العقل المدرّب على دقة الملاحظة. يضيف دنبار أن هناك العديد من المصادر التي تتحدث عن الدور الذي تلعبه السرنديبية serendipity أو الحوادث السعيدة في المنهج العلمي.

أكثر ضوابط المنهج العلمي في البحث نفسيةٌ مبنية على طرق مسطرة بإحكام، أهمها الاعتماد على التركيز والتريث والدلالة أو نوعية المنهج لا على حجمه وكميته، أي لا الاعتماد على حجم أيام العمل وارتداء المئزر والغدو والرواح بقدر نوعية العمل ومنهجيته العلمية، ويتطلب ذلك أكبر درجات ضبط النفس والتركيز والاستشارة مع قمة الذكاء واليقظة، باستعمال سليم ودقيق لطرق العمل والوسائل. وأحيانا تبدأ عملية الاكتشاف عندما يكتشف الباحث أخطاءه بنفسه في تجربته.

ونظرا لتشعب الارتباط الحاصل بين المتغيرات المعنية بالدراسة، وبسبب تدخل متغيرات غير معروفة أدى إلى وجود تناقضات غير مفهومة في نتائج الأبحاث المختلفة، ونظرا لكون جل السلوكات والمناهج والوظائف في البيولوجيا هي وراثية وجزيئية المصدر والمنشأ، اتجه تفكير الباحثين إلى اتباع مسار الأبحاث المرتبطة بالبيولوجيا الجزيئية. بالتالي، تمكن العلماء من تصويب المنهج التجريبي الحديث عبر مسار البيولوجيا الجزيئية.

8. البيولوجيا الجزيئية هل هي البيولوجيا الدقيقة؟

البيولوجيا الجزيئية هي ثمرة تطور علم الوراثة والبيو كيمياء الجزيئية، وبالتحديد تفاصيل دراسة الحمض الريبي النووي منقوص وغير منقوص الأوكسجين DNA و RNA على الترتيب.

يعنى هذا العلم بدراسة البيولوجيا من الناحية البنيوية والوظيفية على المستوى الجزيئي، وبالتحديد جزيئات المورثات المتشكلة من ترتيب معين للنكليوتيدات المتشكلة من 4 أنماط من الأسس الآزوتية في الحمض النووي، باستعمال إنزيمات متنوعة. وبالتالي يتم التعرف على المورثات وعلى نواتجها من بروتينات وإنزيمات ووسائط ورسل أولية وثانوية وغيرها. ولأجل الوصول، وبكل دقة، إلى تفاصيل هذه التفاعلات البيوكيميائية عبر مكوناتها الأساسية لابد من دراسة الأسس الوراثية الجزيئية الخاصة بتشفير هذه المكونات. ومنه يمكن للباحثين معرفة تفاصيل هذه التفاعلات، وبالتالي هذه الآليات بكل دقة وتسلسل. بلا شك، مع تقدم الأبحاث بواسطة البيولوجيا الجزيئية، سيجد العلم خبايا الكثير من الآليات البيولوجية وحلقاتها المفقودة، منها الأمراض المستعصية وتفسير فيويولوجيا الكائن الحي في أي ظرف ومكان.

9. خدمات الإحصاء الرياضي

قدم الإحصـــاء خدمات كبيرة في دراســـة ومعالجة النتائج المتحصـــل عليها وتصـــويبها وتأكيد أو نفي العامل المسبب. ولقد استنبط الرياضيون جملة من الحسابات الرياضية والطرق الإحصائية، تم تطويرها في برامج معلوماتية. عالج الإحصاء أيضا طرق اختيار العينات (تحديد المجتمع الإحصائي). فكلما تم التدقيق فيه وكبرت العينة المجتمعية قربت الصدقية.

ومن أهم طرق التحاليل الإحصـــائية تحليل التباين analysis of variance، وهو أحد الاختبارات المعلمية التي تســتخدم في المقارنة بين المتوســطات للحصــول على قرار إما بوجود فروق بين المتوســطات أو عدم وجودها. كما يلجأ الباحثون أيضـــا إلى حســـاب الخطأ المعياري standard error أو الانحراف المعياري standard deviation كطريقة لقياس أو تقدير الأخطاء المرافقة للتكرار. هناك أيضا اختبارات البحث عن الفروق المعنوية، أهمها اختبار تي للطالب t.test.

طوّر علماء الإحصاء الكثير من الاختبارات المستعملة في دراسة الاستبيانات والأسبار ودراسة الحالات الخاصة والجرد وغيرها، ويتم تطبيقها في علوم مختلفة: تكنولوجية، وتطبيقية، وطبية، وإنسانية واجتماعية.

10. فلسفة العلوم الطبيعية والبيولوجية

تعني دكتوراه الفلسفة PhD – Philosophy Doctor أن الشخص الذي يحملها قد وصل إلى الدرجة العلمية الأعلى في تخصصه العلمي. تشهد له امتلاك فلسفة ذلك العلم أو التخصص، أي القدرة على التفكير والإبداع في منهج ذلك التخصص، والقدرة على التنظير له، والوصول إلى النظرية العلمية الخالصة والمجردة، في مستوى فكري أعلى، والتعمق في استنتاج الفرضيات الممكنة. وكلمة فلسفة هنا ليس لها علاقة بالتخصص الأكاديمي للفلسفة. فعندما يتم الحصول على دكتوراه الفلسفة في الطب أو الهندسة أو الرياضيات أو الأدب أو التاريخ أو علم النفس أو الصيدلة أو أي تخصص آخر، فهذا يعني امتلاك ناصية ذلك العلم وأصبحت حكيماً فيه (بالمعنى اليوناني القديم للحكمة وهي امتلاك المعرفة لذاتها)، وامتلاك أصوله ومناهجه وقواعده النظرية. ومنه، فإن الإلمام بالمنهج التجريبي أحد شروط اكتساب فلسفة أي علم كان.

مراجع

[1] الأشوح، زينب، طرق وأساليب البحث العلمي وأهم ركائزه، المجموعة العربية للتدريب والنشر، القاهرة، 2014.

[2] بدر، أحمد، أصول البحث العلمي ومناهجه، وكالة المطبوعات، الكويت، 1979.

[3] رشوان، حسين، العلم والبحث العلمي: دراسة في مناهج العلوم، المكتب الجامعي الحديث، الإسكندرية، 1987.
[4] الشيباني، عمر التومي، مناهج البحث الاجتماعي، المنشأة الشعبية للنشر والتوزيع، طرابلس، 1971.
[5] عبيدات، ذوقان وآخرون، البحث العلمي، دار الفكر للنشر والتوزيع، عمان، 1997.
[6] عطوي، ثناء، دور الصُّدفة في الاكتشاف والاختراع، مجلة القافلة، أرامكو السعودية، 2 (67)، 2018.
[7] غرايبة، فوزي، وآخرون، أساليب البحث العلمي في العلوم الاجتماعية والإنسانية، عمان، 2000.
[8] غريب، سيد أحمد، تصميم وتنفيذ البحث الاجتماعي، دار المعرفة الجامعية، الإسكندرية، 1995.
[9] الفوال، صلاح مصطفى، مناهج البحث في العلوم الاجتماعية، دار غريب للطباعة والنشر، القاهرة، 1982.
[10] همام، طلعت، سين وجيم عن مناهج البحث العلمي، دار عمار للنشر والتوزيع، عمان، 1984.
[11] Daneshfard, B., Dalfardi, B., Nezhad, G.S., Ibn al-Haytham (965–1039 AD), the original portrayal of the modern theory of vision, Journal of Medical Biography, 24(2), 227-231, 2014.
[12] Darden, L., Strategies for discovering mechanisms: schema instantiation, modular subassembly, forward chaining/backtracking, Proceedings of the 1997 Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association, 1997.
[13] Dunbar, K.N., & Fugelsang, J.A., Causal thinking in science: how scientists and students interpret the unexpected, In M. E. Gorman, R. D. Tweney, D. C. Gooding, & A. P. Kincannon (Eds.), Scientific and technological thinking (pp. 57–79), Lawrence Erlbaum Associates Publishers, 2005.
[14] Gauch, H.G., Scientific Method in Practice, Cambridge University Press, 2003.
[15] Kulkarni, D., & Simon, H.A., The processes of scientific discovery: The strategy of experimentation, Cognitive Science, 12(2), 139–175, 1988.
[15] Thagard, P., How scientists explain disease, Princeton University Press, 1999.

شخصية العدد

شخصية العدد

الأستاذ إبراهيم لعليبي

مدير المركز الوطني للوثائق التربوية

الأستاذ إبراهيم لعليبي شخصية متواضعة قضى أكثر من نصف قرن في مجال التربية والتعليم، مدرسا للتاريخ والجغرافية في المرحلة الثانوية حتى سنة 1985، ثم صار مفتشا لهذه المادة التعليمية خلال الفترة 1986-2005. وأبرز منصب يتقلّده منذ 18 سنة، هو الإشراف على المركز الوطني للوثائق التربوية الكائن في أعالي ثانوية عائشة بحسين داي (الجزائر العاصمة). سوف يحدثنا بإسهاب عن مختلف نشاطاته في إجاباته عن الأسئلة العشرة أدناه. ولذا نكتفي هنا بتقديمه في سطور:

إبراهيم لعليبي:

- **وُلد يوم :** 19/ 11/ 1952بمدينة بوسعادة.

- **تحصل على :**

- ليسانس في التاريخ من جامعة الجزائر،
- شهادة مكوّن في مواد الايقاظ بجامعة مونبلييه Montpellier ، فرنسا،
- شهادة مكوّن في تعليمية المواد، مرسيليا، فرنسا،

- **تولى المهامّ التالية:**

- مدير المجلة المغاربية " المربّي "،
- مدير المكتبة الرقميّة بوزارة التربية،
- ممثّل لجنة التربية الجزائرية في الاتّحاد المغاربي،
- عضو اللجنة الوطنية للمطالعة،
- ممثّل للجزائر في مشروع تحدي القراءة العربي على مستوى الجامعة العربية،
- عضو لجنة التربيّة في المجلس الوطني الاقتصادي و البيئي،
- رئيس المشروع المشترك بين المعهد العالي العربي للترجمة و المركز،

- ممثّل وزارة التربية الوطنية في مشروع الذخيرة اللغوية العربية،
- مدير المركز الوطني للوثائق التربويّة منذ 2005 إلى يومنا هذا.

- نشاطات أخرى

فضلا عن المشاركة في عدد من الملتقيات الإفريقية و الأوروبية و الآسيوية حول مستقبل وآفاق التربية، قام السيد إبراهيم لعليبي بترجمة عديد الأعمال إلى العربية، منها :

- نحو نموذج آخر لإدارة الوقت المدرسي،
- المعجم التربوي،
- معالم للتعليم اليوم،
- معجم المصطلحات التعليم الالكتروني،
- المؤسسة ومشروعها،
- المكون الجديد،
- الكفاءات في المدرسة،
- تعليميات المواد- نقاش معاصر،
- إنجاز مشروع متعدد الوسائط،
- ترجمة كبار الشعراء الفرنسيين للغة العربية،
- مقالات اجتماعية و تاريخية و ثقافية.

****

التعريف بالمركز

المركز الوطني للوثائق التربوية مؤسسة عمومية ذات طابع إداري تتمتع بالشخصية المعنوية والاستقلالية الماليّة، موضوع تحت تصرف وصاية وزير التربية الوطنية.
أنشئ بموجب المرسوم التنفيذي 92/243 المؤرخ في 8 ذي الحجة من عام 1412 هـ الموافق لـ 09/06/1992. باشر نشاطه في 13/09/1995 وله ثماني (08) ملحقات.

10 أسئلة يجيب عنها الأستاذ إبراهيم لعليبي، مدير المركز الوطني للوثائق التربوية

المركز الوطني للوثائق التربوية

السؤال 1: كنتم حتى منتصف الثمانينيات تدرّسون التاريخ والجغرافيا، وظللتم تشرفون على تدريسهما لمدة طويلة في قطاع التربية. هل ترون أن مناهج التاريخ قد تطورت في الاتجاه الصحيح خلال هذه الفترة؟

إبراهيم لعليبي: يتفق الجميع أن دراسة التاريخ لكل أمة هو خدمة للحاضر والمستقبل، وأنه لا معنى لوقائعه والغوص في تفاصيله ما لم يكن مفيدا للحاضر الذي نعيشه والمستقبل الذي نطمح إليه. إن معرفة التجارب السابقة لكل أمة هو خير وسيلة لتجنب أخطاء الماضي وهو مفتاح لتوثيق أحقيتها في الأرض التي تعيش عليها.

ولذا فإن أوّل مادة تم تعريبها في الجزائر هي مادة التاريخ لرؤية صائبة تفطن لها المشرفون على التربية حينذاك، وذلك لقطع الصلة نهائيا بالمناهج التي كانت تدرس في الحقبة الاستعمارية.، فكما لا يخفى عليكم أن وعاء اللغة شرط من شروط العودة إلى الذات.لكن الذي يعنينا في موضوعنا هذا هو التوجه والنظرة الفلسفية في بناء المناهج في ذلك الوقت.

فقد حرص واضعو المناهج على إعطاء البعد العربي والإسلامي لتاريخنا دون الغفلة من تدريس حقب ما قبل التاريخ.وللإشارة، فقد خصصت مستويات لتدريس التاريخ القديم و مستويات للقرون الوسطى وأخرى للفتوحات الإسلامية. وظلّت مستويات أقسام الامتحان تتناول التاريخ الحديث للجزائر و المغرب العربي وكفاح الشعوب المستضعفة والمستعمرة. و تم تأكّيد هذا التوجّه أثناء تطبيق المدرسة الأساسيّة في مناهجها.

فكانت المناهج تصب في ملمح تلميذ الغد، المعتز بشخصيته وماضيه وكفاح أجداده من أجل الحرية والانعتاق، شأنه في ذلك شأن كل أطفال الشعوب المستعمرة التي سلب منها تاريخها وطمست معالمه . والتاريخ كغيره من المواد الاجتماعية قد يتأثر بالظرف السياسي والاجتماعي لأي دولة، وقد يكون عرضة للتحريف والتزييف بفعل

فاعلين ظاهرين أو متستّرين. ففي منتصف الثمانينيات يوقف مثلا من برنامج التلفزة الوطنية مسلسل "عقبة بن نافع "عن البثّ بعد ثلاث أو أربع حلقات؛ وتتلوه.المظاهرة الطلابية المشهورة والمأجورة والمدفوعة تحت شعار "التاريخ في المزبلة "وتمزيق كتب التاريخ. هل كان ذلك صدفة؟ بالطبع لا. إذن فمن هي الجهة التي حرّكت هذا التزامن؟ ولأيّ غاية؟ و لماذا لم تمزق و تحرق مثلا كتب في العلوم أو الفيزياء أو الفرنسية؟

لقد كان ذلك نتيجة بزوغ رؤية مناقضة تماما للتوجهات الوطنية، فاستبدل على إثرها مصطلح المغرب العربي بالمغرب الكبير، ومفهوم الامتداد الإسلامي بمصطلح الامتداد المتوسطي وغيرها من المصطلحات المستحدثة والخفيّة التي من شأنها أن أوصلتنا اليوم إلى تشكيك البعض في مقاومتنا للاستعمار والجهر بالقول أن الأمير عبد القادر عميل لفرنسا، و تخوين زعماء الثورة و رمي جمعيّة العلماء بجنحة الإدماج !

إن التاريخ ليس وقائع وأحداث فحسب، بل إن تدريسه خاضع لشروط، ومن أهمها فلسفة المجتمع الذي نصبو إليه و الحلم الذي نريد أن نتقاسمه مستقبلا، وسيظل السؤال الغائب في مناهجنا والذي لم يطرح خشيةً أو تملّصًا أو تهربًا إلى يومنا هذا: ما هي تركيبة التلميذ الذي نسعى إلى بنائها وإنجابها، وهل للتاريخ باع في صياغتها وصقلها؟ فالتاريخ أصلا، عند كلّ الأمم، مرتبط بمشروع مجتمع يقدّس ماضيه ولا يفرّ منه. وما دمنا لم نفصل في المعادلة فستظلّ مادة التاريخ عرضة للتشويه ومرتعًا للهواة المندسّين من واضعي المناهج.

مهما يقال عن التعليمية وعلاقتها بتدنّي المستوى فستظلّ هي الكفيلة وحدها بإدخال الإيجابية في التعليم.

السؤال 2: هناك من الزملاء، خاصة في الجامعة، الذين يدرّسون المواد العلمية، من يرون أن الاهتمام بالتعليمية – وأنتم من المهتمين بها- أصبح مبالغا فيه عندنا سواء في وزارة التربية أو وزارة التعليم العالي. ومن شأن هذا الاهتمام أن يحسن التحصيل العلمي لدى المتعلم في مدارسنا وجامعاتنا. ومع ذلك يبدو أن ما يحدث يوما بعد يوم هو تدني مستوى هذا المتعلم في كل المواد. حدثونا عن هذا "التناقض".

إبراهيم لعليبي: إن التعليمية مصطلح يرتبط بالعديد من وسائل العلم والتعليم والتربية ويعنى بالوسائل التنظيمية والفنية لعلم من علوم التربية له أسس وقواعد هامة في تطبيقه عمليا.

والتعليمية، أو الأداة التعليمية، هي مصطلح يُعنى بكل تنظيم مادي يصحب وضعيات التعلم من كراس وجهاز آلي وكتاب مدرسي وسبّورة إلكترونية وغيرها من الوسائل. لكن الأهم هو طرق استعمالها وأهدافها وملاءمتها لوضعيات التعلم. فإذا كانت التعليمية هي التفكير في إيصال المعرفة فإن البيدغوجيا هي الممارسة داخل القسم.

وللإجابة عن سؤالكم يجب أن نعود إلى الواقع الذي يعيشه التعليم، ففتح المسابقات بالشكل الذي نراه وجهل المتسابقين بأبجديّات البيدغوجيا والتعليمية يفرض علينا مزيدا من الاهتمام بهذين التوأمين في عملية التعلم. فقديما، ومهما ما قيل من سوء عن المعاهد التكنولوجية، فإنها كانت المحطة الأولى للأستاذ للولوج في عالم التربية، فكانت تؤدّي وظيفتها أو أقل من ذلك، لكنها كانت -و رغم العيوب الموضوعيّة- مفيدة.

ففي بلدان مجاورة وأخرى بعيدة، استحدثت أكاديميات للتعليمية يتخرج منها الأساتذة المبرزون والمفتشون والموجّهون في حقل التربية. شخصيّا، لا أرى أنّ الاهتمام مبالغ فيه، بل نجد في الكثير من الأحيان أنّ الاهتمام يشوبه التنظير، فلا يخضع التكوين إلى الجديّة والاستمرارية إذ كلّ الصعوبة تكمن في إسقاطه على الواقع تدرّجا و منهجيّة. فتدنّي المستوى يعود إلى عوامل شتى: على سبيل المثال، ففي الماضي البعيد، يجتمع المفتشون وأخصائيون لبضعة أيام ويطرح أمامهم المشروع وتتمّ مناقشة تفاصيله وحين الانتهاء منه تصادق الوصاية على المنهاج أو البرنامج بدون إضافة أو نقص. فكانت العمليّة تنطلق من تفعيل القاعدة للمشروع، وبالتالي الانصهار فيه بكلّ جديّة وحزم لتحقيق

أساس من أسس التعليمية الملزمة، وهو ارتباطها بمحتوى المواد وسبل التعلّمات. ولذا عوضا أن نقول إنّنا أسرفنا في الاهتمام بالتعليمية فإنّ الواقع يثبت أنّنا ابتعدنا في تناولها عن مفهومها الصحيح الذي يتمحور أساسا حول علاقة المعلّم بالمعرفة وتحويل المفاهيم (transposition de concepts) وشرح انتقالها، وسعي المعلم في تركيزه على العوائق والصعوبات التي تعترضه.

ثمّ هل من المنطقي أن نربط تدنّي المستوى بالتعليمية فقط؟ إنّ إتباع هذه الجدلية قد يبعدنا نوعا ما عن الأسباب الخفيّة والظاهرة لتدني المستوى، والمدرسة وحدها لا تتحمّل هذا العبء، وقد يقودنا الحديث إلى عوامل متشعّبة لا يسعنا المجال لذكرها الآن. ومهما يقال عن التعليمية وعلاقتها بتدنّي المستوى فستظلّ التعليمية هي الكفيلة وحدها بإدخال الإيجابية في التعليم.

الأستاذ إبراهيم لعليبي

السؤال 3: كنتم تشرفون على المكتبة الرقمية في وزارة التربية. فما دور هذه المكتبة؟ وهل لازالت تؤدي دورها؟

إبراهيم لعليبي: من دون شك أنها المكتبة الرقمية الوحيدة في وزارة التربية الوطنية، فهي شبكة من المكتبات على الخط موجودة عبر الوطن والتي يسهر على تنظيمها، وتسييرها، وتحيينها المركز الوطني للوثائق التربوية. وهذه المكتبة مفتوحة ومنفتحة على الجميع من شاغلي قطاع التربية والتعليم العالي وغيرهم. فكثير من الأساتذة والطلبة في الجامعة يستفيدون من خدماتها. وتحوي في مجملها 40 ألف كتاب يُعنى بالتربية والتعليميّة والبيدغوجيا وعلم النفس. ولها خدمة على الخط، إذ بإمكان أي سائل أن نوجّهه ونجيبه عن انشغالاته في الحين.

وفضلا عن ذلك، كانت لنا منذ بداية 2012 مبادرة شخصيّة تمثلت في جلب ما تحتويه الثانويات القديمة عبر الوطن من كتب فريدة ومناهج وكتب مدرسية قديمة. فكانت العمليّة تبدو مستحيلة إلاّ أنّ الإصرار على إنقاذ ما يمكن إنقاذه مكّننا من الظفر بهذا الإرث، فجلبنا كلّ هذه الذخائر وصنّفناها ورتبناها وجعلناها في متناول القارئ والمتصفح، فأصبحت بذلك عنوانا لتاريخ التربية في الجزائر منذ 1830 يجد فيها الباحث ضالته و يطّلع على تاريخ المدرسة الجزائرية التي لم تنشأ من عدم.

وللعلم لا زالت إلى يومنا هذا بعض المدارس القديمة -وخاصة منها الثانويات- تزخر بمكتبات قديمة لا يستفيد منها أحد بل و بفعل سيطرة بعض المسئولين الذين يرون فيها مساحة لا تمسّ، أضحت عرضة للضياع والتلف... أمر مؤسف حقّا. فعلى سبيل المثال، ولولا هذه المكتبات، لما علمنا أنّ أوّل كتاب في القراءة للسنة الأولى من عام 1962، طبعته دولة العراق على نفقتها دعما للجزائر، ومساهمة منها في تخفيف الوزر على الجزائر المستقلّة، ولولا هذه المكتبات لما علمنا كيف كانت تدرّس اللغة العربية في سنة 1900، وكيف صيغت مناهج المعلمين في ذاك العهد.

كلّ هذه الثروة وغيرها يجعلها المركز بين أيدي الباحثين في حقل التربية وتاريخ التربية في الجزائر. كما لا تفوتني الإشارة إلى أن أغلب المجلات والكتب الحديثة التي تتناول الشأن التربوي موجودة بانتظام في مكتبة المركز.

ولولا [استرجاع] هذه المكتبات [من قِبل المركز]، لما علمنا أنّ أوّل كتاب في القراءة للسنة الأولى من عام 1962، طبعته دولة العراق على نفقتها دعما للجزائر... ولولا هذه المكتبات لما علمنا كيف كانت تُدرّس اللغة العربية في سنة 1900، وكيف صيغت مناهج المعلمين في ذاك العهد.

السؤال 4: أنتم تمثلون الجزائر في مشروع تحدي القراءة العربي على مستوى الجامعة العربية. هل لكم أن تحدثونا عن دور هذا المشروع وأهدافه. وماذا قدم في مجال القراءة؟

إبراهيم لعليبي: يعدّ مشروع تحدّي القراءة العربي مجالا لإبراز وتنمية حبّ الأطفال للقراءة وغرسها كعادة متأصّلة في حياتهم تعزّز مَلَكة الفضول وشغف المعرفة لديهم. وقد اعتادت بلادنا على المشاركة بانتظام في هذه المنافسة التربوية والثقافية والعلمية الدولية، حيث حصّل فيها أبناؤنا على مراتب مشرّفة في الطبعات السابقة (المرتبة الأولى في الطبعة الأولى والثالثة في الطبعة الخامسة ...) وتوّجت مؤسساتنا بمراكز متقدّمة.

وتتلخص المشاركة بين الطلبة الذين قرؤوا 50 كتابا أو أكثر في السنة، ويمتحن هؤلاء حول الفهم والإدراك واللغة والنقد الأدبي. ومن معايير التحكيم أيضا -فضلا عن اللغة العربية السليمة أثناء الحوار والمناقشة- استيعاب المقروء، ومدى استجابة الطالب، والتزام الطالب بالكتب الموضوعة، والمستوى المعرفي والثقافي العام. نشير إلى أن الكتاب ينبغي أن يكون في مستوى مرحلة التلميذ العمرية وألا يكون مرجعا أو مجلّة أو كتابا مدرسيا.

أما التصفيات الوطنية فتجرى في كلّ سنة، ثمّ يتنافس الفائزون من كلّ الدول العربية وحتّى الجاليات العربية على المراتب العشر الأولى، وتُقدّم لهم جوائز نقدية وعينية. وللإشارة فإنّ عدد المشاركين في المنافسة فاق مليون طالب في السنة الماضية.

السؤال 5 : لاحظنا أيضا أنكم تنتسبون إلى اللجنة الوطنية للمطالعة. يبدو لنا أنها لجنة مجهولة نسبيًا عند القراء. ما الذي تقدمه هذه اللجنة للمواطن وللثقافة في البلاد؟ كما أن هناك لجنة للتربية في المجلس الوطني الاقتصادي والبيئي، لكم ضلع فيها. بماذا تهتم هذه اللجنة؟

إبراهيم لعليبي: في الأصل، كانت مبادرة حسنة ومشتركة بين وزارتي التربية ووزارة الثقافة. اهتمت اللجنة في بداية الأمر بأسباب عزوف الأطفال عن المطالعة ودور المدرسة والأسرة والمحيط والمجتمع. وبالفعل، لكلٍّ نصيبه في تدني الاهتمام بالكتاب انطلاقا من أن البلدان التي شهدت نهضة في حياتها هي التي جعلت من الكتاب سندا ومثلا لانطلاقها. على سبيل المثال، فالدول المصنَّفة ضمن العدد الأكبر من القراء هي اليابان ثم بريطانيا والثالثة إيران التي يفوق عدد قرائها 8 ملايين قارئ.

وقد حاولت اللجنة أن تستدرك هذا النقص لتلتحق بركب المجتمعات التي جعلت من الكتاب محل قداسة، وكُلف المركز الوطني للوثائق التربوية بتوزيع 500 ألف كتاب (قصص أدبية لأشهر الكتّاب) على مختلف المدارس في ولايات الوطن، لكن هل كان ذلك كافيا للعودة للقراءة؟ بالطبع لا، وكنتُ من الذين يرون أن الجانب المادي في التحفيز على المطالعة ليس هو الأساس، فللصحف وللتلفزة ولوسائل الإعلام دورها، كما أن إدخال حصة المطالعة الموجهة في مدارسنا والتي غابت في مناهجنا لهل كل الأثر في تنمية حب المطالعة.

فالكتاب قبل أن يدخل إلى المدرسة يجب أن ينال حظا ومكانة في البيت، لكن في رأي وبكل تواضع أن هذه اللجنة حادت عن الجادة حينما اعتبرت أن الجانب المادي وتوفير الكتاب يمكن له أن يتدارك النقص ويحقق المأمول.

فقضية القراءة والمطالعة هي قبل كل شيء قرار سياسي واستجابة مجتمع لا زال يرى المقاول مثالا، والتاجر أحسن حظا من المثقف والشاعر والكاتب والباحث معا. إن المجتمع الذي يرى في الأشياء هدفا وغاية لا يمكنه أن يرى في الأفكار مخرجا ومنفذا.

أما بالنسبة لعمل اللّجنة في المجلس الوطني الاقتصادي و البيئي، فإنّ الأشغال تتناول مواضيع عدة، منها تدريس اللّغات الأجنبيّة والمواد العلميّة وأساليب التقويم... ويكفي أن نذكر فقط أنّ إدخال اللغة الانجليزيّة في التعليم الابتدائي كان من ضمن التوصيات الملحّة للجنة التربية.

عدد المشاركين في منافسة تحدّي القراءة العربية فاق مليون طالب في السنة الماضية

السؤال 6 :نعلم أنكم تهوون الكتابة في عديد المجالات ذات الصلة بالتربية وبالفكر الوطني، ونعلم أنكم تمارسونها يوميا، ولكم باع في الشعر وتتقنون اللغتين العربية والفرنسية، ووصل بكم الأمر إلى ترجمة أشعار قديمة من الفرنسية إلى العربية. فهل وجدتم من ينشر مثل هذه الأعمال؟

إبراهيم لعليبي: أمّا الأعمال التي أنشرها من حين لآخر، من ترجمة ومقالات وترجمات شعرية، فإنّكم تحملونني كسوة أكبر منّي، فلست مترجما بقدر ما أتعاطى الترجمة ولست بشاعر بل أتعاطى ترجمة الشعر في أوقات الفراغ... وحينما يكون الإلهام حاضرا تأتي العبارات والصور البيانية بسيولة وبدون جهد يذكر.

ولا يخفى عليكم أنّ ترجمة النثر تختلف عن ترجمة الشعر، فبدون عاطفة شعرية قد يصعب على المرء نقل أحاسيس الشاعر وترجمة وجدانه. على كلّ، فهي محاولات منّي لترويض العقل على اختيار الكلمة المناسبة والأنيقة والجميلة حتّى يتقبّلها القارئ بدون عناء فسيستسيغها ويتلذّذها. أمّا عن الكتابات ذات الصلة بالتربية والفكر الوطني، فأي كائن منّا بإمكانه أن يكون صاحب مدرسة إذا ما التزم بشرطين: أن يكون منسجما مع قناعاته وتاريخ أمّته وأن يبحث عن الموضوعية بجدلية وبدون جدال أو خصومة. فالفكرة أصلا هي وليدة التاريخ والحضارة والثقافة.

وحول نشر هذه الأعمال والترجميات، فينصحني بعض الإخوة بطبعها، وصراحة لم أفكّر في هذا يوما، و ذلك تهرّبا من عقدة الاعتقاد أنّ الشمس لا تسطع إلاّ بصياحي، وخشيةً وحياءً من عزوف القراء عنها. غير أنّني تراجعت عن رأيي لحرص الخلاّن، وسأجمع عن قريب هذه الأشتات المتفرقات كما يقول العقاد، وسأنشرها يوما تحت عنوان "محاولات وآراء".

المركز الوطني للوثائق التربوية

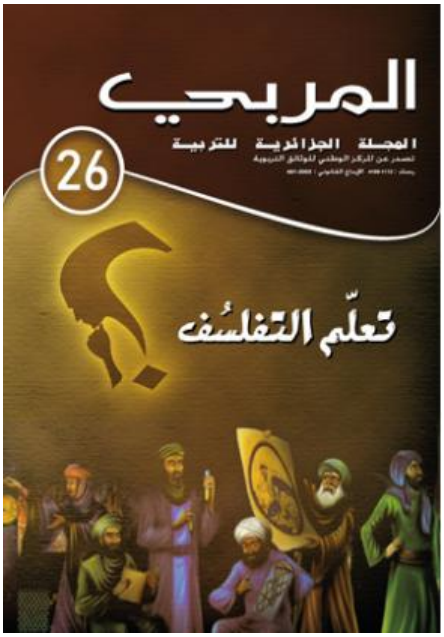
السؤال 7: أنتم تتعاملون وتتعاونون بكثافة، حسب علمنا، مع المعهد العالي العربي للترجمة التابع للجامعة العربية، والذي يوجد مقرّه بالجزائر. ما نوع هذا التعاون مع مركزكم (المركز الوطني للوثائق التربوية)؟

إبراهيم لعليبي: فيما يخص هذه العلاقة بالمعهد العالي العربي للترجمة فإنّه يجمعنا بهذا الأخير معاهدة عمل مشترك يستفيد منها الطرفان. فبالإضافة إلى كفاءة وتخصص المعهد المشهودة والمعترف بها دوليّا، فهو يشاركنا في أعمال الترجمة التي يقوم بها المركز. وبإيجاز تمّ الإتفاق على صيغة يستفيد منها الطرفان: طلبة المعهد يقضون تكوينهم في المركز فسيستفيدون من تخصّصهم، والفائدة تعود أيضا على معهد الترجمة إذ تُفتح له أبواب عملية وتطبيقية خاصة، هذا إذا ما علمنا أنّ الترجمة في ميدان التربية بمفرداتها الخاصة وأسلوبها و مصطلحاتها قد تختلف عن بقية الترجمات في ميادين أخرى. ونحن نعتبر ذلك إضافة معرفية لنا منهجًا وتدقيقًا وتصحيحًا. ممّا سمح للمركز من أن يتبوّأ مراكز محترمة في إطار مسابقة الترجمة "ابن خلدون" التي تشرف عليها المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم (ألكسو) في تونس.

> **المجتمع الذي يرى في الأشياء هدفًا وغايةً لا يمكنه أن يرى في الأفكار مخرجًا ومنْفذًا.**

السؤال 8: أنتم تديرون المركز الوطني للوثائق التربوية منذ 18 سنة. نودّ أن تعرّفوا قراء "بشائر العلوم" بدور هذا المركز؛ وحبذا لو تقيّمون مساهمته في مجال التوثيق وتوفير المطبوعات والترجمات لقطاع التربية.

إبراهيم لعليبي: المركز الوطني هو مؤسسة تحت وصاية وزارة التربية الوطنية ومجالاته لا تقتصر فقط على توفير الوثيقة التربوية بقدر ما تتعدّى ذلك. فهو المكلّف رسميّا بإنجاز مجلّة التربية للوزارة وترجمة الكتب المراجعة من الفرنسية إلى اللغة العربية. وقد استحدثت لجنة رسمية للترجمة من الإنجليزية إلى اللغة العربية. ويسهر المركز على تسيير أغنى مكتبة بيداغوجية رقمية، ويجمع الوثائق المتعلّقة بتاريخ التربية، ويشرف على مسابقة مشروع تحدّي القراءة العربي، ويشارك بأبحاثه في نشر الثقافة البيداغوجية. كما أنّه يشرف على مسابقة المربّي الباحث. ويصدر المركز في كلّ سنة أربعة بحوث تربويّة ميدانيّة وكتابين مترجمين بالإضافة لمجلّة المربّي.



المربّي، هي المجلة الدورية التي يصدرها المركز منذ سنوات عديدة

السؤال 9: ماذا عن مجلتكم، مجلة "المربي" التي مضت على إصدارها سنوات عديدة، بالمركز. هل ترون أنها تؤدي دورها في نشر الثقافة التربوية لمستخدمي وزارة التربية الوطنية؟ وماذا عن عدد قرائها؟

إبراهيم لعليبي: هذه المجلّة أنشئت بقرار وزاري تحت اسم مجلّة وزارة التربية الوطنية. وقد بدأت بعدد من الأوراق المعدودات، ثمّ تطوّرت إلى أن أصبحت مجلة مكتملة الأعضاء، تشارك في بنائها مؤسسات علمية جزائرية ومغاربية وأجنبية أوروبية. وخلال 2012، وفي إطار اجتماعات الإتحاد المغاربي في تونس، صنفت كأحسن مجلّة بيداغوجية مغاربيّة، أو أحسن فضاء بيداغوجي مشترك. وإلى يومنا هذا، توزّع على بلدان المغرب العربي، وحتّى في المشرق العربي. وتجاوز عدد المشتركين فيها 8700 مشترك، هذا إذا ما أضفنا المؤسسات التربوية المجبرة على الاشتراك في منتوج المركز. وللعلم فإنّها المجلّة الوحيدة في وزارة التربية التي كُتب لها أن تعمّر وتستمّر، فنتمنّى لها طول العمر، وألاّ تتعرض لانقطاع موضوعي أو غير موضوعي.

البلدان التي شهدت نهضة في حياتها هي التي جعلت من الكتاب سندا ومثلا لانطلاقها.

السؤال 10: نترك لكم المجال للإدلاء بكلمة أخيرة تختارون موضوعها لقراء "بشائر العلوم".

إبراهيم لعليبي: أوّلا أبارك لكم مولود "بشائر العلوم"، هذا النجم الذي يبزغ في سمائنا المحتشمة أحيانا والكئيبة تارة. على كلّ، فإنّني ممتن لكم ولهذه الوسيلة المميّزة التي فتحت لنا أبوابها للتعريف بما يقوم به المركز، وهو في حاجة ماسّة لذلك. وكم كانت هي نداءاتنا مع الإلحاح على مدّ جسور مقنّنة يسيّرها نظام وقوانين تضبط العلاقة لبناء أرضيّة مشتركة بين التعليم العالي والتربية.

وكم هو أملنا كبير في خلق تصوّر موحّد وفعّال في تناول الشأن التربوي بين مؤسّسات القطاعين. وإذا عدنا لـ"بشائر العلوم"، فالأمثلة عبر تاريخ الهيئات العلميّة غنيّة وكثيرة في تقريب كلّ أطياف المعرفة الأدبيّة منها أو الاجتماعيّة والعلميّة، فنتمنّى أن تكون مجلتكم الموقّرة وعاء وسندا وملتقى لكلّ فكر ذي نفع ومنفعة للتربيّة والمجتمع معا.

فكلّ الشكر لكم، وكلّ الثناء لإتاحة الفرصة للمركز للتعريف بجهوده. فكلمات الشكر تسعف القائلين وتعجز أمام عظمة ما تقومون به. مع ألطف التحيّات و أزكاها وأنداها.

عرض الكتاب

عرض كتاب

لا تُقاوَم: صعود ظاهرة الإدمان على التكنولوجيا والتجارة التي تُبقينا مُكبَّلين بها

Irresistible

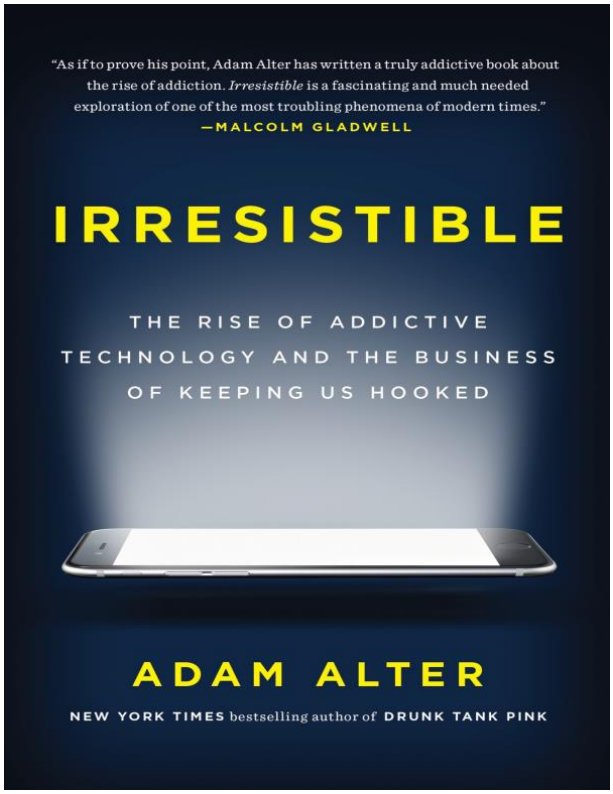
The Rise of Addictive Technology and the Business of Keeping us Hooked

تأليف: آدم ألتر Adam Alter

عرض: ليلى زيتوني

أستاذة بقسم الرياضيات، المدرسة العليا للأساتذة، القبة

leila.zitouni@g.ens-kouba.dz



مقدمة

في شهر يناير من عام 2010، وخلال الحدث المرتقب لإطلاق منتجات آبل Apple، كشف ستيف جوبز Steve Jobs لأول مرة عن جهاز الآيباد iPad. ولمدة 90 دقيقة، قام جوبز بتعداد المزايا المذهلة والسحرية للآيباد! إنه منتج ثوري حسب تعبيره، وهو جهاز يجب أن يمتلكه الجميع. لكنه يرفض أن يسمح لأطفاله باستخدامه! ففي حوار صحفي أجراه مع جريدة النيويورك تايمز في أواخر تلك السنة، أوضح جوبز أنه يحدّ من مقدار استخدام التكنولوجيا لأطفاله في المنزل.

بهذه المفارقة افتتح آدم ألتر كتابه "لا تُقاوَم". ويشير المؤلف إلى أن جوبز لم يكن الوحيد الذي يضع قيودا على استخدام أطفاله للتكنولوجيا، التي يعمل هو نفسه على تطويرها، فالعديد من العاملين في هذا الميدان يتبنّون الموقف

ذاته. إنهم أكثر من يدرك حجم المخاطر المرتبطة بمنتجاتهم. لقد صُمّمت هذه المنتجات لتجعل مستخدميها عاجزين عن الاستغناء عنها؛ حتى وإن كان الشخص سيستفيد منها إلا أنه سيعاني ليستخدمها باعتدال. حسب تريستان هاريس Tristan Harris، خبير أخلاقيات التصميم سابقا لدى جوجل Google، فإن المشكلة ليست في غياب الإرادة لدى الشخص المستخدم بل في وجود ألف شخص على الجانب الآخر من الشاشة يعملون بدون هوادة على تفكيك قدرته الذاتية.

صدر كتاب "لا تُقاوَم" سنة 2017 عن دار النشر البريطانية بنجوين Penguin Press، وكان على قائمة صحيفة نيويورك تايمز للكتب الأكثر مبيعا في تلك السنة. يقع الكتاب في 368 صفحة، ويتكون من ثلاثة فصول رئيسية:

- الفصل الأول: ما هو الإدمان السلوكي، ومن أين يأتي؛
- الفصل الثاني: مكونات الإدمان السلوكي أو كيفية تصميم تجربة إدمانية؛
- الفصل الثالث: مستقبل الإدمان السلوكي وبعض الحلول.

حتى وإن كان ألتر يتطرّق في كتابه إلى الإدمان السلوكي إلا أنه يركّز خصوصًا على ما يتعلّق منه بالتكنولوجيا والإنترنت. ولإعداد هذا الكتاب قام المؤلف بالتواصل مع العديد من علماء النفس والباحثين المهتمين بهذا المجال، فكانت النتيجة كتابا ثريا بالمعلومات المفيدة والصادمة في الوقت ذاته، وحظي لذلك بإشادة واسعة.

1. المؤلف

آدم ألتر Adam Alter هو باحث وكاتب أمريكي وأستاذ بكلية ستيرن للأعمال بجامعة نيويورك. وقد حصل على شهادة الدكتوراه في علم النفس الاجتماعي من جامعة برينستون Princeton سنة 2009. تتركز أبحاثه حول الحكم واتخاذ القرار وعلم النفس الاجتماعي، وله العديد من المقالات العلمية. بالإضافة إلى كتاب "لا تُقاوم"، نشر ألتر سنة 2013 كتابا حول تأثير بيئة الشخص على أفكاره وشعوره وسلوكه، عنوانه "Drunk Tank Pink". وكان هذا الكتاب هو الآخر على قائمة جريدة نيويورك تايمز لأكثر الكتب مبيعا. من المقرّر أن يصدر له كتاب ثالث خلال شهر ماي المقبل، تحت عنوان "Anatomy of Breakthrough".

2. من إدمان المواد إلى الإدمان السلوكي

يعود أول استخدام لكلمة addicted إلى روما القديمة، وكانت تعني الحكم على شخص بالعبودية. تطور استخدامها لاحقا لوصف أي رابط يصعب فكّه. لم تكن هذه الكلمة تحمل معنى سلبيا، فيمكن لشخص أن يكون مدمن أكل أو مدمن قراءة أو غيرها. وخلال القرن التاسع عشر، أصبحت كلمة إدمان تُستخدم لوصف حالات الارتباط الشديد بمادة الكوكايين. ولمدة قرنين من الزمن اقتصر استخدام هذه الكلمة على إدمان المواد substance addiction.

في التعريفات الحديثة للإدمان السلوكي، لا يُقرن سلوك ما بالإدمان إلا إذا تجاوزت عواقبه السلبية إيجابياته الفورية. ينشأ الإدمان السلوكي عندما لا يستطيع الشخص مقاومة السلوك المسبب لضرر كبير على المدى الطويل، مع تلبيته لحاجة نفسية على المدى القصير، مثل: إدمان القِمار أو إدمان التسوّق أو إدمان الإنترنت.

لا يعترف البعض بالإدمان السلوكي، ويتساءلون أين هي المواد التي تسبّب الإدمان؟ ويعترض آخرون فيقولون إنه لا يمكن استخدام مصطلح الإدمان إن كان ينطبق على جزء كبير من المجتمع، فهذا يجعل المصطلح بدون معنى. يرى آدم ألتر العكس تماما؛ ما دامت المسألة تمسّ عددا كبيرا من الأشخاص فالأجدر أن تلقى الاهتمام، ولا ينبغي تقبّل الظاهرة لمجرد أنها منتشرة. من الصعب مقاومة الهواتف الذكية، فقد أصبحت جزءا من نسيج المجتمع، وستظهر في

العقود المقبلة أنواع أخرى من الإدمان المرتبط بالمنتجات التكنولوجية. لذلك، يعتقد المؤلف أنه لا ينبغي الاستخفاف باستخدام المصطلح المناسب لوصفها، ويجب الاعتراف بخطورتها وبمقدار الضرر الذي ستلحقه بنا.

3. المدمن بداخل كل واحد منا

لعقود من الزمن، افترض العلماء أن المدمن على المخدرات لديه قابلية مسبقة للوقوع في الإدمان؛ المدمنُ مدمنٌ بطبيعته. في سنة 1954، اكتشف العالمان جيمس أولدز James Olds وبيتر ميلنر Peter Milner مركز المتعة the pleasure center في الدماغ. ونتيجة لهذا الاكتشاف، أصبح من الممكن افتراض أن كل انسان معرّضٌ للإدمان إذا وُضع في بيئة معينة. لاحقا، أظهر عالم النفس آريه روتنبرغ Aryeh Routtenberg وجود علاقة بين الإدمان والذاكرة. يتعلم المدمنون ربط سلوك معين بنتيجة جذابة، ويترسخ هذا الربط في الذاكرة.

وفي السبعينيات من القرن الماضي، أوضح الباحث المختص في الإدمان، ستانتون بيل Stanton Peele، أن اعتماد المدخنين على النيكوتين لا يختلف عن اعتماد مدمني الهيروين على الهيروين، وهذا، بطبيعة الحال، مع الاعتراف أن الهيروين أكثر ضررا. كان يجب الانتظار أكثر من عشرين سنة حتى يعترف المجتمع العلمي بهذه الأطروحة. بالنسبة لستانتون بيل ليس هناك فرق بين إدمان المواد والإدمان السلوكي؛ فالإدمان هو تعلّق شديد بتجربة تؤثر بشكل ضار على الشخص، لكنها جزء أساسي من بيئته ولا يمكنه التخلي عنها.

بعد مرور عدة عقود على أبحاث بيل، اعترفت الجمعية الأمريكية للطب النفسي APA أخيرا، بأن الإدمان لا يقتصر على المواد. ففي آخر تحديث للدليل التشخيصي والإحصائي للاضطرابات النفسية، الصادر في سنة 2013، أضافت الجمعية الأمريكية للطب النفسي الإدمان السلوكي إلى قائمة الاضطرابات المرتبطة بالإدمان، وأصبح القمار مذكورا في الدليل باعتباره إدمانا سلوكيا. ورغم صدور أكثر من مئتي مقال علمي حول إدمان الإنترنت، اكتفى الدليل بذكره في الملحق بإيجاز.

4. بيولوجيا الإدمان السلوكي

وفقا للباحثة كلير جيلان Claire Gillan، فإن السلوك المسبّب للإدمان ينشّط مركز المكافأة في الدماغ reward center بطريقة مماثلة لعمل المخدرات. رغم أن تأثير الكوكايين على الدماغ أكبر من تأثير القمار مثلا، إلا أنهما يتبعان الآلية ذاتها، ويكمن الفرق الوحيد في حجم التأثير وشدته. في الحالتين، تُطلق مناطق داخل الدماغ مادة كيميائية تسمى الدوبامين، والتي تتسبب في شعور شديد بالمتعة. في معظم الأحيان، يُطلق الدماغ جرعة صغيرة من الدوبامين، لكن بعض المواد والتجارب الإدمانية تزيد من سرعة إنتاجه.

في التسعينيات من القرن الماضي، حاول الباحث كينت بيريدج Kent Berridge تفسير سبب استمرار المدمنين في تعاطي المخدرات رغم أنهم يدركون ضررها. كانت إحدى الفرضيات الواضحة هو حصول المدمن على مقدار كبير من المتعة الفورية التي تجعله مستعدا للتضحية برفاهيته على المدى الطويل. وبعد سلسلة من التجارب، توصّل بيريدج إلى نتيجة مفادها أن المدمن يستمر في الإدمان ليس لأنه يحب ذلك بل لأنه يريد ذلك؛ فالإدمان لا ينبع من المادة أو السلوك بل من الفكرة التي يتعلمها المدمن مع الوقت، وهي الربط بين المادة أو السلوك والحماية من الضغط النفسي.

5. ما مدى انتشار الإدمان السلوكي

دَرَس أستاذ علم النفس البريطاني مارك جريفيث Mark Griffiths الإدمان السلوكي لأكثر من 20 سنة، ونشر العديد من المقالات في هذا الموضوع. وقام غريفيث سنة 2011، بالتعاون مع باحثين من جامعة كاليفورنيا الجنوبية،

بإجراء بحث استقصائي ضخم شمل العديد من الدراسات، ما مجموعه 1.5مليون مستجوب من أربع قارات. وركز البحث على الإدمان السلوكي: القِمار، التسوّق، الإنترنت، الرياضة، العمل، إلخ، بالإضافة إلى إدمان الكحول والنيكوتين والمخدرات. أظهرت النتائج أن 44% من المستجوبين عانوا من إدمان سلوكي واحد على الأقل في الاثني عشر شهرا الماضية.

وفي دراسة حديثة، تبيّن أن 48% من طلبة الجامعات الأمريكية مدمون على الإنترنت، و 40% على حافة الإدمان. في سنة 2008، كان متوسط الوقت الذي يقضيه البالغون أمام شاشات هواتفهم 18 دقيقة يوميا، ليرتفع في سنة 2015، إلى ساعتين و 48 دقيقة. وفي دراسة أخرى، يعترف حوالي 59% من أفراد العيّنة بارتباطهم الشديد بمواقع التواصل الاجتماعي رغم أن هذا الارتباط يجعلهم غير سعداء. ويُقرّ 60% منهم بحاجتهم لتفقّد تلك هذه المواقع مرة واحدة على الأقل كل ساعة؛ إن لم يفعلوا ذلك بعد مرور ساعة يصيبهم القلق ويفقدون القدرة على التركيز.

في سنة 2014، أنشأ مطوّر برامج تطبيقا لمساعدة الأشخاص الراغبين في الحدّ من استخدام الهواتف الذكية، من خلال تتبع التطبيقات التي تستهلك منهم وقتا طويلا. أظهرت البيانات أن 88% من المشتركين في التطبيق يتفقّدون هواتفهم حوالي 39 مرة في اليوم، ويقضون أكثر من 3 ساعات يوميا في استخدام هواتفهم. هذا يعني قضاء ربع الوقت (بإهمال وقت النوم) في استخدام الهواتف، أو ما يعادل إحدى عشرة سنة من حياة الانسان!

وإذا كانت الحياة اليوم قد أصبحت مريحة أكثر من أي وقت مضى، فإن الراحة أدّت إلى تسليح الإغراء. لقد جعلت التكنولوجيا تجنّب التسوّق أو العمل أكثر صعوبة. في السابق، كان من المستحيل تقريبا التسوق أو العمل في وقت متأخر من المساء أو في الصباح الباكر. الآن، يمكنك التسوق عبر الانترنت أو العمل عن بعد في أي وقت من اليوم.

6. أضرار الاستخدام المفرط للتكنولوجيا

من الواضح أن الهواتف الذكية تسلبنا الكثير من الوقت، لكن مجرد وجودها بالقرب منا ضار، حتى عندما لا تُستخدم. حسب تجربة قام بها باحثان سنة 2013، فإن بقاء الهواتف الذكية بجوار الطلبة، دون استخدامها، يشتت تركيزهم ويؤثر على أدائهم في الامتحانات؛ إنها تُذكّرهم بما يدور في العالم الافتراضي. وفي دراسة أخرى حول تأثير الهواتف الذكية على تركيز الموظفين، تبيّن أن أداءهم يتحسن بشكل لافت عندما يتم إبعاد الهواتف الذكية عن أماكن عملهم، ووجودها يحرمهم من التركيز.

تتعدّد الجوانب السلبية للاستخدام المفرط للتكنولوجيا في حياتنا. أحد أكثر أمراض العصر الحديث انتشارا هو الحرمان من النوم، وقد تفاقم هذا المشكل عقب ظهور الهواتف الذكية وغيرها من الأجهزة الباعثة للضوء. والحرمان من النوم شريك أساسي للإدمان السلوكي. وفي هذا السياق، ذكرت الكاتبة أريانا هافينغتون Arianna Huffington في كتابها "ثورة النوم" The Sleep Revolution أن 95% من البالغين يستخدمون، خلال الساعة التي تسبق خلودهم للنوم، جهازا إلكترونيا ينبعث منه الضوء، وأكثر من النصف يتفقّد بريده الإلكتروني، و60% من الأشخاص الذين تتراوح أعمارهم بين 18 إلى 65 سنة يضعون هواتفهم بجوارهم أثناء النوم.

لآلاف السنين، اقتصر تواجد الضوء الأزرق على فترات النهار، فضوء كل من الشموع ونار الحطب أصفر محمر، ولم يكن هناك إضاءة صناعية في الليل. تفرز الغدة الصنوبرية في الليل هرمون الميلاتونين الذي يتسبب في الشعور بالنعاس، وفي وجود ضوء أزرق مقابل العينين تتوقف الغدة الصنوبرية عن إفراز الميلاتونين. يصعب تدارك الأضرار الناتجة عن الحرمان من النوم، لذلك يعتقد ألتر أن استخدام الأجهزة الإلكترونية سيسبب أضرارا بليغة بصحتنا على المدى الطويل.

يرى ألتر أن التفاعلات عبر الانترنت ليست فقط مختلفة عن التفاعلات في العالم الحقيقي، هي ضارة بشكل كبير. يتعلم البشر التواصل والتعاطف عبر ملاحظة تأثير أفعالهم وأقوالهم على الآخرين. لا يمكن للتعاطف أن ينمو بدون ردود فعل فورية، وهو من المهارات التي يطوّرها الانسان ببطء شديد. في تحليل لـ 72 دراسة، وجد الباحثون أن التعاطف بين الطلبة الأمريكيين انخفض بين 1979 و2009. ويتجنب اليوم الكثير من المراهقين التواصل وجها لوجه والتواصل عبر المكالمات الهاتفية؛ لقد أصبحت الرسائل النصية خيارهم الأول.

أظهرت بيانات حديثة أن متوسط الوقت الذي يقضيه الأطفال أمام الشاشات يتراوح بين 5 إلى 7 ساعات يوميا. وبهذا الصدد، يعبّر المؤلف عن تخوف كبير حول مستقبل الأطفال الذين ينشؤون منذ سنوات أعمارهم الأولى على الإنترنت، فلا يمكننا معرفة مدى الضرر الذي قد يصيب تكوينهم العقلي والنفسي إلا بعد سنوات. يوضح الطبيب والباحث أندرو دون Andrew Doan مدى خطورة أن يتربى الأطفال في محيط مفرط في استخدام الإنترنت. فالأطفال يطورون مهارات عقلية مختلفة في السنوات الأولى من حياتهم. مثلا، هم يتعلمون لغات جديدة حتى سنّ الخامسة بسهولة لافتة، بعد ذلك تصبح العملية أصعب شيئا فشيئا. الأمر مماثل بالنسبة للمهارات الاجتماعية؛ إذا فوّت الأطفال فرصة التواصل وجها لوجه في سن صغيرة قد لا يكتسبون هذه المهارة أبدا.

7. تصميم تجربة مسبّبة للإدمان

من خلال ملاحظة التجارب الإدمانية المرتبطة بالتكنولوجيا، وجد ألتر بعض العوامل التي تجعل تجربة أو سلوكا ما مسببا للإدمان. نذكر من بينها:

- **التغذية الرجعية Feedback** في بداية السبعينيات من القرن الماضي، أظهرت تجارب علمية أن أدمغة الحيوانات تفرز كمية أكبر من الدوبامين عندما تكون المكافأة غير متوقعة مقارنة بالكمية الناتجة في حال توقع المكافأة. ولا يبدو أن البشر يختلفون عن الحيوانات في هذا السلوك؛ نحن أكثر سعيا للمكافأة حين تكون غير مضمونة. في سنة 2009، وعندما كان عدد المشتركين في فيسبوك مئتي مليون مشترك، تم إضافة "زرّ الإعجاب" الذي أحدث تغييرا كبيرا لدرجة أنه لا يمكننا اليوم تخيّل فيسبوك دون زرّ الإعجاب. وبات بالإمكان مشاركة منشور أو صورة دون معرفة مسبقة بردود فعل المتابعين، وأصبحت ردود الفعل على منشور أو صورة هي ما يدفع الكثيرين للنشر. وبالمقابل، أصبح المنشور الذي لم يحصل على أي إعجاب بمثابة إدانة علنية: إما أنك لا تمتلك عددا كافيا من الأصدقاء على الإنترنت أو، أسوء من ذلك، أصدقاؤك غير معجبين بمنشورك.

- **التشويق Cliffhangers** إن الأعمال غير المكتملة تشغل أذهاننا أكثر من تلك المكتملة، هذا ما يسمى بتأثير زيجارنيك، نسبة إلى عالمة النفس السوفياتية بلوما زيجارنيك Bluma Zeigarnick. لقد لاحظت زيجارنيك، بعد سلسلة من التجارب، أن إكمال مهمة ما يؤدي إلى حل نظام التوتر الذي يرافق عملية إنجازها، ولا يختفي هذا التوتر في حال عدم إنهاء المهمة. في سنة 2012، أدخلت شركة نتفليكس Netflix ميزة جديدة (post-play) تتيح للمشاهد تحميل الحلقة الموالية تلقائيا بعد الانتهاء من مشاهدة حلقة ما. غالبا ما تكون نهاية الحلقة هي أكثر الأجزاء تشويقا وتجعل المتفرج متلهفا لمشاهدة الحلقة اللاحقة. في السابق، كان عليك أن تقرر مشاهدة الحلقة الموالية، أما الآن فعليك أن تقرر عدم مشاهدتها. في بيانات جمعتها نتفليكس من 110 دولة، تَبيّن أن معظم المتفرجين يشاهدون حلقات موسم كامل خلال أربعة إلى ستة أيام. كان الموسم في الماضي يمتد لعدة أشهر، والآن يقضي المتفرج أقل من أسبوع لمشاهدته.

8. مستقبل الإدمان السلوكي

منذ بداية الألفية الجديدة، انخفض الوقت الذي يقضيه الأطفال في اللعب بعيدا عن الشاشات بنسبة 20%، في حين ارتفع معدل الوقت الذي يقضونه في اللعب على الشاشات بنسبة مماثلة. يُعدّ الأطفال الفئة الأكثر عرضة للوقوع في فخ الإدمان بسبب عدم تطور مهارة السيطرة على النفس، وهي المهارة التي تجنب الكثير من البالغين تطوير عادات إدمانية. لذلك وضعت المجتمعات قوانين تمنع بيع الكحول والتبغ للأطفال، لكن القليل جدا من المجتمعات التزمت بنفس التحفظ في مجال الإدمان السلوكي. يذكر ألتر الصين وكوريا اللتين تحظران على الأطفال استخدام الألعاب الإلكترونية بين منتصف الليل والسادسة صباحا.

استخدام الأطفال المفرط للأجهزة الإلكترونية يؤثر كذلك على قدراتهم العقلية. هناك أدلة جيدة تدعم فكرة أن جرعات قليلة من التحديات العقلية، مثل قراءة كتاب أو حل أحجيات، مفيدة لصحتنا. يرى ألتر أن حرمان الأطفال من هذه الأنشطة الصعبة عن طريق تزويدهم بجهاز يُسّهِل كل شيء سيكون له نتائج خطيرة، نحن فقط لا نعرف مدى خطورتها.

وترى الباحثة شيري توركل Sherry Turkle أن التكنولوجيا تجعل الأطفال ضعفاء في التواصل. إنهم لا يتعلمون التواصل وجها لوجه الذي يُعدّ الوسيلة الوحيدة التي يمكن للأطفال من خلالها إدراك تأثير كلماتهم على الآخرين. ومن جهة أخرى، حين تطغى الشاشات وتتضاءل التفاعلات الاجتماعية، يزداد حجم المعلومات على حساب الخيال والاستكشاف الضروريين لنمو عقلي مفيد للطفل.

الاعتماد الشديد على التكنولوجيا أنتج ظاهرة تُعرف باسم فقدان الذاكرة الرقمي digital amnesia. في إحدى الدراسات، واجه الآلاف من البالغين في الولايات المتحدة الأمريكية وأوروبا صعوبة في تذكّر أرقام الهواتف المهمة. ووصف 91% من المشاركين في الدراسة هواتفهم بأنها امتداد لأدمغتهم. وأفاد معظمهم بأنهم يلجؤون مباشرة للإنترنت للبحث عن إجابات عن أسئلة قبل محاولة التفكير في الإجابة اعتمادا على الذاكرة. واعترف 70% منهم بأنهم سيشعرون بالهلع لو فقدوا هواتفهم ولو لفترة قصيرة.

9. بعض الحلول

يعتقد ألتر أنه من غير الممكن التخلي كليا عن التكنولوجيا، ولا يجب علينا ذلك. لكن يمكننا تنظيم استخدامها. وما دام الأطفال هم الفئة الأكثر عرضة لمخاطر التكنولوجيا، فمن المهم التركيز عليهم. توصي الأكاديمية الأمريكية لطب الأطفال بتجنيب الأطفال الذين تقلّ أعمارهم عن العامين شاشات التلفاز وغيره من وسائط الترفيه تجنيبا كليا. وأوضحت أن الأطفال يتعلمون بشكل أفضل عبر التواصل مع الأشخاص وليس الشاشات. تشير إحصائيات أمريكية تعود إلى 2006 إلى أن 43% من الأطفال تحت سنّ السنتين يشاهدون التلفاز يوميا، و 85% منهم يشاهدون التلفاز مرة واحدة على الأقل أسبوعيا. ويرى بعض الخبراء أنه لا ينبغي السماح للأطفال باستخدام وسائل التواصل التفاعلية قبل سن السابعة، وتحديد وقت استخدامها بعد بلوغهم هذا السن.

من الصعب التغلّب على الإدمان بالاعتماد على قوة الإرادة وحدها؛ فالذي يرفض فكرة ما غالبا ما ينجذب نحوها بشكل غير واع. في أواخر الثمانينيات من القرن الماضي، أشار عالم النفس دانييل ويغنر Daniel Wegner إلى صعوبة تطبيق المنع، فأنت تعرف ما عليك تجنبه لكنك لا تعرف كيفية التعامل مع عقلك عند المنع. المفتاح للتغلب على الإدمان السلوكي هو استبدال السلوك بشيء آخر. وهو الفكرة التي ينصح الأطباءُ المدخنين الراغبين في الإقلاع عن التدخين بتطبيقها.

لقد صُممت الهواتف الذكية لتبقى معنا طوال الوقت. وإن كان من غير الممكن التوقف عن استخدام الهاتف الذكي بالكامل، يمكن العمل على استخدامه بشكل أقل. المبدأ الأول للهندسة السلوكية هو "كل شيء متاح بالقرب منك يؤثر على حياتك تأثيرا أكبر". لذلك يجب وضع مسافة نفسية أو جسدية بين الشخص والعامل المسبب للإدمان السلوكي. ومن بين النصائح التي تُذكر في الكتاب: ترك الهاتف في الوضعية الصامتة أثناء العمل؛ تعطيل خاصية الإشعارات؛ تعطيل حسابات البريد الإلكتروني من منتصف الليل إلى الخامسة صباحا؛ واستخدام التطبيقات التي تخفي أعداد المشاهدات والإعجاب على منصات التواصل الاجتماعي.

إن المكافآت أكثر إمتاعا من العقوبات، لكن إذا كنت ترغب في ترك عادة سيئة يجدر بك التفكير في عقوبات صغيرة، فهي ذات فعالية أكبر. هذه الفكرة قديمة في علم النفس، إذ أننا أكثر حساسية للخسائر والأحداث السلبية مما نحن عليه تجاه النجاحات والأحداث الإيجابية. هناك تطبيقات تُستخدم من أجل حظر المواقع التي ترى أنها تستهلك منك وقتا طويلا، كما تُمكّنك هذه التطبيقات من وضع حدّ زمني لا تتجاوزه بالنسبة للمواقع التي تريد تقليل الوقت الذي تقضيه عليها.

وفيما يتعلق بمقاومة المشاهدة المستمرة للحلقات المتتالية من المسلسلات على نتفليكس، يقترح ألتر أن تتوقف عن مشاهدة الحلقة خمسة دقائق قبل نهايتها أو، إن لم تستطع مقاومة فضول معرفة بقية الأحداث، الاكتفاء بمشاهدة الخمسة الدقائق الأولى من الحلقة الموالية.

خاتمة

مضى على صدور كتاب "لا تُقاوم" نحو ست سنوات، ولا يبدو أن عجلة تطور التكنولوجيا ستتوقف بل العكس تماما، إنها تمضي متسارعة نحو مستقبل يبدو غامضا ومخيفا. في نهاية السنة الماضية (2022)، أطلقت شركة مختصة في تطوير أنظمة الذكاء الاصطناعي، "شات جي بي تي" ChatGPT، الذي قد يكون بداية الدخول إلى عصر جديد. تتطلب هذه التطورات المتلاحقة إدراكا ووعيا بخطورة التحديات المستقبلية التي تفرضها هذه التكنولوجيا على الفرد، في جوانب عديدة: نفسية واجتماعية ومعرفية. لذلك، قد يكون كتاب "لا تُقاوم" من الكتب التي على الشباب والأولياء قراءتها في هذا الوقت تحديدا.

مؤلف الكتاب، آدم ألتر Adam Alter