تعليم الهندسة بين العلوم العقلانية البحتة والفيزيائية التجريبية في مرحلة التعليم الثانوي في الجزائر

The Teaching of Geometry between Pure Rational Sciences and Experimental Physics in Algerian Secondary Education

محمد بوقرة[1]، ناجي تمار[2]، يزيد قواري [3]

[1] المدرسة العليا للأساتذة بسطيف (الجزائر)،m.bouguerra@ens-setif.dz

طالب دكتوراه، مخبر الابستيمولوجيا وتاريخ الرياضيات (LEHM) ، المدرسة العليا للأساتذة بالقبة(الجزائر)

[2] المدرسة العليا للأساتذة بالقبة (الجزائر)، nadji.temar@g.ens-kouba.dz

[3] المدرسة العليا للأساتذة بمستغانم (الجزائر)، gouariyazid@gmail.com

تاريخ الاستلام: 2022/09/04 تاريخ القبول: 2023/4/12 تاريخ النشر: 2023/6/10

ملخص: تصنف الرياضيات إلى رياضيات بحتة ومختلطة من خلال المجرد والملموس، وتصنف الهندسة بين العلوم العقلية البحتة والفيزيائية التجريبية نظرا لنشأتها التاريخية الابستمولوجية حيث كانت الهندسة واحدة تمتاز بالعقلانية والتطبيقية التجريبية، ثم ظهرت هندسات لاأقليدية مما طرح إشكالا يتمثل في كون أي الهندسات تمثل الواقع. ومن ثم ظهور التمييز بين هندسة رياضيّاتيّة وهندسة فيزيائية مما ركّزنا على تعليم الهندسة من خلال الجانب الحدسي والعقلاني والتجريبي، وبالتالي تم التركيز على تعليم الهندسة بين الرياضيات والعلوم الفيزيائية.

الكلمات المفتاحية: الرياضيات البحتة؛ الرياضيات المختلطة؛ تعليم الهندسة.

Abstract : Mathematics is two categories: pure mathematics and mixed mathematics that uses abstract and concrete concepts. As for geometry, it is classified between pure and reasonable sciences and experimental physics due to its historical epistemological beginnings, when geometry was characterized by rationality and experimental usage. Then, non-Euclidean geometries emerged, posing the problem of which geometry represents reality. So, distinction was made between mathematical geometry and physical geometry, which led to the teaching of geometry through intuitive aspect as well as rational and experimental. Thus, the focus was on the teaching of geometry between mathematics and physical sciences.

Keywords: pure mathematics; mixed mathematics; geometry teaching.

المؤلف المرسل: محمد بوقرة،

1. تمهيد:

تصنّف المعارف الإنسانية إلى معارف تجريبية وتجريدية، عادة ما تكون هناك جسور تسمح بالتبادل بين التجريب والتجريد، قد تتجسد هذه العلاقات بين التجريد والتجريب بشكل خاص في الرياضيات والعلوم الفيزيائية، وتكمن العلاقة بين الرياضيات (كعلم تجريدي) والعلوم الفيزيائية (كعلم تجريبي) أنّ الفيزياء تعني معرفة الطبيعة أي كائنات لمعرفة تجريبية والرياضيات تعني معرفة علمية نصل إليها عن طريق البرهان، لكن حسب وجهة نظر كل من أرسطو وأنشتاين، يتضح تصورين، الأول ذو طابع بحت خال من التجربة ويتميز بالدقة ويعتمد أساسا على البناءات العقلية، وتكمن فائدته في تقديم الظواهر والثاني ذو طابع مختلط حيث أن المعرفة الحسية لا تخلو من الجانب النظري، ولا يمكن للمعارف المجردة أن تخلو من التجربة. يتجسد هذا التصور في الهندسة التي تتصف بالمزاوجة بين النظري والتجريبي، كونها تقع في تقاطع بين الرياضيات والعلوم الفيزيائية (قواري، 2017، صفحة 17).

2. الإشكالية

تعتبر الرياضيات أساسا وركيزة لكثير من العلوم الأخرى، ولما كانت الفيزياء أقرب العلوم للرياضيات نظرا لوجود علاقات قوية بينهما، ووقوع الهندسة بين العلوم العقلانية البحتة والفيزيائيّة التجريبيّة في مرحلة التعليم الثانوي، بالتحديد بين دروس الرياضيات ودروس الفيزياء، يجب أن نوضح بأنّه ليس فقط مواضيع الهندسة التي هي قاسم مشترك بين هاتين المادتين بل هناك مواضيع أخرى عديدة، مما يستدعي ضرورة التنسيق بينهما. نعتقد أن تحليل المناهج التعليمية الجزائرية الخاصة بالرياضيات والفيزياء قد يشخص العلاقة بينهما بالخصوص الهندسة بين الرياضيات والفيزياء.

انطلاقا من هذا يمكن أن تساهم الأسئلة التالية في تأطير إشكالية البحث:

- هل الهندسة علم نظري أم فيزيائي تجريبي؟
- ما مدى التنسيق الحاصل بين الهندسة والفيزياء؟
- كيف يتم تعليم الهندسة؟

3. مصطلحات الدراسة

1.3 الرياضيات البحتة

الرياضيات البحتة هي علوم الكم حيث أنّ الرياضيّاتيين يدرسون كميات مجردة قابلة للقياس(الهندسة) أو قابلة للعدد (الحساب) والتي تعتبر خاصية المقدار بشكل تجريدي حيث المقدار إما قابل للحساب أو القياس. ففي الحالة الأولى يمثل بالأعداد، وفي الحالة الثانية يمثل بكائن يشغل حيزا. في الحالتين تسمى الرياضيات البحتة إما حساب أو هندسة (Aurélie Chan-Fat, 2004, p. 7).

كما أنّ الرياضيات البحتة تشير إلى الرياضيات النظرية الموصوفة بالتجريد والتفكير العقلاني، ويكمن القول أنّ الباحث الرياضيّاتي لايبحث عن تطبيق للنظري.

2.3 الرياضيات المختلطة

الرياضيات المختلطة هي رياضيات لاتدرس الكميات معزولة أو مستقلة عن الواقع ولا المجرد، إنما تدرس فيها النظريات الخاصة بالمقادير المحسوسة، ويمكن تصور الرياضيات المختلطة كأداة تستعمل في العلوم الأخرى غرضها نمذجة ظواهر وتطبيق نظريات والتعبير عن قوانين الطبيعة وحساب الاحتمالات(Aurélie Chan-Fat, 2004, p. 7).

3.3 تعليم الهندسة

علم حدسي تساعد المتعلم على تحسين طريقة تفكيرهم من خلال التدريب على فهم وربط العلاقات، واستخدام أساليب البرهان المختلفة للوصول إلى إنشاء مفهوم رياضياتي. كما أنها علم عقلاني يسمح بتطوير المعرفة عن طريق الاستدلال، وهي تعتبر كذلك علما تجريبيّا من خلال العمليات على الأشكال ابتداء من الإنشاءات الهندسية خصوصا الإنشاءات بالمسطرة والمدور (Bkouche, 2006, p. 6).

4. أهداف وأهمية الدراسة

تعتبر الهندسة كحلقة وصل بين الرياضيات والعلوم الفيزيائية يبيّن أهميتها من عدة جوانب منها خصوصا الجانب الابستمولوجي التاريخي لمفاهيمها من حيث تطورها وتقاطعاتها، وكذلك الجانب التعليمي من حيث تعليم وتعلم محتوياتها كنتيجة لذلك، تُنمى بعض القدرات مثل الحدس والتخيّل والاستدلال المنطقي الاستنتاجي. لكن تنمية هذه القدرات قد تكون مصدر صعوبة لكل من المعلم والمتعلم على حد سواء بسبب صعوبات في التعامل

الفعلي مع تطبيقات هندسية في دروس الفيزياء مثل القوة ومركز ثقل الأجسام والحقل المغناطيسي والعمل... كما أنّ تكوين المكونين ومحتوى الكتب المدرسية قد يكونان صعوبة لتنمية بعض القدرات، إن الهدف الرئيسي من هذا البحث هو تشخيص الواقع التعليمي للهندسة وعلاقتها بالفيزياء على مستوى التعليم الثانوي. نطمح إلى تحقيق هدفين هما:

- تسليط الضوء على الهندسة كعلم رياضياتي عقلاني وفيزيائي تجريبي.
- معرفة بعض صعوبات المتعلمين في تعلمهم للهندسة.

5. مستويات فان هايل (Van Hiele) لتطور التفكير الهندسي من المحسوس إلى المجرد:

تعتبر الهندسة أنسب ميدان لتطوير تفكير التلاميذ حيث يرى فان هايل أنّ التفكير الهندسي يمر في تطوره من المحسوس إلى المجرد بخمس مستويات، يمتاز كل مستوى من مستويات فان هايل بالخطاب الرياضيّاتيّ المتداول فيه درجة التجريد والأدوات الفكرية التي يتم توظيفها، المستويات مأخوذة بتصرف في المرجع (سلامة، 1995، صفحة 215).

1.5 المستوى التطوري

يتمكن التلميذ، في هذا المستوى، من التعرف على بعض الأشكال وتصنيفها، كما يمكنه حل بعض المشكلات الهندسية من خلال القياس والقص واللصق والفك والتركيب. يمتاز هذا المستوى بملاحظة الأشياء والتعرف عليها من خلال أشكالها اعتمادا على مقارنتها بنموذج معروف. في هذا المستوى لا يتعرف المتعلم على خصائص الأشكال وينتقل من الأشياء المحسوسة إلى أشكالها الهندسية بالاعتماد على الملاحظة (الأشكال هي موضوع الملاحظة)، كما تعد الأشياء كأدوات ترتكز عليها عملية التفكير.

2.5 المستوى التحليلي

يمكن للتلميذ، في هذا المستوى، تحليل الأشكال الهندسية ومقارنتها، وحل بعض المشكلات الهندسية باستخدام أدوات التعميم مثل كل وبعض في صياغة الحلول شفويا وكتابيا. يتم التفكير، في هذا المستوي، على الأشكال الهندسية كأنها مجموعة من الخاصيات حيث تعتبر الأشكال الهندسية موضوع تحليل لاستخلاص الخصائص والتعرف على أسمائها، إذ في هذا المستوى لم يتم بعد ربط بين مختلف الخصائص.

3.5 المستوى شبه الاستدلالي (مستوى التجريد)

يمكن للتلميذ، في هذا المستوى، صياغة واستخدام التعاريف وإكمال برهان استنتاجي والقيام ببراهين غير شكلية للاستدلال على صحة قواعد أو نظريات. كما يمكنه وضع مخطط تلخيصي أو تفسير مخطط معطى. يتم التفكير، في هذا المستوى، على الخصائص الهندسية لاستخراج العلاقات الموجودة فيما بينها وكذا العلاقات الموجودة بين الأشكال من خلال خصائصها. كما يمكن للتلميذ أن يعرّف الأشكال الهندسية بخصائصها ومقارنتها باستعمال بعض الاستدلالات المبنية على العلاقات بين تلك الخصائص.

4.5 مستوى الاستدلال المجرد

يتمكن التلميذ، في هذا المستوى، من فهم الاستدلال المنطقي المجرد والعلاقات المتداخلة بين المعارف والمسلمات والنظريات. وبالتالي بناء براهين والمفاضلة بينها واستيعاب مفاهيم مرافقة كالشروط الضرورية والكافية. يستعمل البرهان، في هذا المستوى، بناء على العلاقات الموجودة بين الخاصيات وفهم معنى المسلمات ودور التعاريف والمبرهنات وأنواع الاستدلالات كالبرهان بالاستلزام أو بالخلف، إلخ...

5.5 المستوى الاستدلالي المجرد الأعلى

هو أرقى مستويات التفكير الهندسي في نموذج فان هايل حيث يتمكن التلميذ في هذا المستوى من استنتاج بعض النظريات في مختلف المسلمات الهندسية (أقليدية، لا أقليدية،..)، مقارنة بعض الأنظمة المبنية على المسلمات ودراسة كيفية تأثير زيادة أو حذف بعض المسلمات في أي نظام مسلمات، واستحداث نظام مسلمات في أحد فروع الهندسة. يتم التفكير، في هذا المستوى، في الجوانب النظرية للاستدلالات كالأسس المنطقية لكل نوع من أنواع الاستدلال مع التفريق بينها.

هذه المستويات تمثل تسلسل هرمي، وأنّ هذا النموذج مفيد في الهندسة بالنسبة للتلاميذ عبر المراحل التعليمية المختلفة، ويعمل على تنمية التفكير الهندسي. ونرى من خلال هذا النموذج أن كل مستوى له خطابه ومستوى معيّن من التجريد. يتم التركيز، في تدريس الهندسة لمراحل ماقبل الجامعة، على المستويات الأربعة الأولى فقط من نموذج فان هايل لتطوير التفكير الهندسي، وتأسيسا على هذا تم التركيز في هذا المقال تعليم الهندسة بين العلوم العقلية البحتة والفيزياء التجريبية في مرحلة التعليم الثانوي في الجزائر.

يحتاج أساتذة الرياضيات للتعليم الثانوي إلى تنمية المهارات الخمس المتعلقة بالهندسة (مهارات بصرية ولفظية) والقدرة على الرسم والمهارات المنطقية والتطبيقية على كل مستوى من مستويات فان هايل (كرو، 2013، صفحة 285).

كذلك لابد لأساتذة الرياضيات للتعليم الثانوي أن يكونوا قادرين على تدريس الهندسة الإقليدية باعتبارها من الأساليب الثابتة في ميادين الرياضيات على اختلافها، وباعتبارها المنبع الأول لحل مختلف المسائل العملية الرياضياتية والعلمية وباعتبارها مادة يمكن اكتشافها بطرق غير شكلية متنوعة كطي الورق واستخدام اللوحات والمرايا، وباعتبارها نظاماً استنتاجياً، يجب على هؤلاء الأساتذة أخيرا أن يكونوا قادرين على قبول وإثبات مقولات التي تمت البرهنة عليها بواسطة: برهان مباشر، برهان غير مباشر، برهان يعتمد على الاستنتاج وبرهان يعتمد على التحويلات النقطية كالانسحاب والانعكاس والدوران والتكبير والتصغير، والتناظر والإسقاط حتى يفهموا ويصبحون قادرين على فهم تلاميذهم علاقة الهندسة بالعلوم الأخرى واستخدام الهندسة في مختلف جوانب الرياضيات (كرو، 2013، صفحة 286).

6. التحويل التعليمي (La transposition didactique) في تعلّم وتعليم الرياضيات

يعود أصل هذا المفهوم إلى تعليمية الرياضيات، إذ ظهر أول مرة في مقال مشترك للباحثين: شوفلارد (CHEVALLARD) و جوهسو (JOHSUA) تحت عنوان " مثال تحليلي عن التحويل التعليمي: مفهوم المسافة" لقد استعملاه لدراسة إشكالية تكييف المعارف مع مستويات التعليم التي تدرس فيها، أي تحليل مراحل تحولها من معارف مرجعية (Savoir savant) إلى معارف مدرسة (Savoir enseigné). لقد فحصنا التحولات الطارئة على مفهوم المسافة ما بيّن تقديمه في سنة 1906 من طرف فريشي (FRECHET) في إطار معرفة العالم وبين تقديمه في سنة 1971 في برامج الهندسة للسنة الرابعة من التعليم المتوسط في إطار معرفة مدرسة (طالبي، صفحة 3).

يعود أصل المعارف الموجهة للتدريس في شتى المراحل الدراسية إلى الموروث المعرفي الذي أنتج من قبل باحثين مختصين (معرفة العالم) أو تمخض عن الممارسة والتقاليد الاجتماعية عبر التاريخ (معرفة اجتماعية). ومن الطبيعي أن لايتم إدراج هذه المعارف في التعليم إلا بعد إخضاعها لعمليات انتقاء وتكييف وتنظيم وإعادة هيكلة. يطلق على مجمل هذه الإجراءات لفظ التحويل التعليمي حيث يلعب هذا التحويل دورا

مهما على مستوى صياغة وتحديد محتوى المقررات والدروس المكونة لها يتم التحويل التعليمي على مرحلتين أساسيتين كما يلي:

- **التحويل الخارجي**

تتصف أغلب المعارف المرجعية الرياضيّاتيّة (معرفة العالم) إنها في غاية التجريد، لذا يجب انتقاء منها للتعلم لإجراءات تستهدف تخفيف مستويات تجرديها وجعلها محسوسة قدر المستطاع. يقتصر في بداية تعلم هذه المعارف على بعض الحالات الخاصة وضمن نطاقات محدودة وفي سياقات مناسبة. أي يتم تحويلها إلى معرفة مدرسية أو معرفة موجهة للتدريس. يعرف هذا النمط من التحويل بالتحويل الخارجي حيث يفترض أن يقوم به مختصون تعليميون، ويتم تجسيده في المناهج التعليمية والوثائق التربوية المرافقة. يترجم فيها بعد إلى كتب مدرسية بالإضافة إلى مختلف الوثائق الأخرى المساعدة التي يفترض أن تنجز من قبل تعليميين وذوي خبرة من المفتشين والمعلمين.

- **التحويل الداخلي**

يتم فيه تكييف وتحويل المعرفة التي سيتم تدريسها إلى معرفة مدرّسة يقوم بها المدرس بحيث يتولى إعادة تنظيم المضمون المعرفي بشكل يلائم خصوصيات مختلف الوضعيات التدريبية التي يواجهها.

أصبح التحويل التعليمي ضرورة حتمية لأن المعرفة العلمية ملزمة بمسايرة التطور العلمي والتكنولوجي وكذلك مزاوجة المعرفة بين الجانب التجريبي الواقعي والجانب النظري الشكلي البحت أصبح مطلوبا في تعلّم وتعليم الرياضيات والهدف من المزاوجة هو أنّ: يتعلم المتعلم كيف يقوم بعمل الرياضيات وحل مشكلات واقعية، وليس تعلّم وحفظ نظريات شكلية والتدريب عليها في حل المسائل، وهذا هو الهدف من بحثنا.

7. التنسيق بين الهندسة والعلوم الفيزيائية

1.7 أمثلة تبيّن التنسيق بين الهندسة والعلوم الفيزيائية في مرحلة التعليم الثانوي

- التغيّر في السرعة يتطلب التحكم في جمع الأشعة.
- مجموع القوى يتطلب التحكم في الأشعة وخواصها.
- هندسة بعض الأنواع الكيميائية يتطلب معرفة بعض المجسمات(الهرم، الموشور القائم،...).

- الأمواج وظاهرة التداخل يتطلب القدرة على تعيين بعض مجموعة النقاط الممثلة بقطوع مخروطية وهي لا تدرس في الرياضيات لمرحلة التعليم الثانوي.
- مفهوم عمل القوة يتطلب معرفة الجداء السلمي وخواصه.
- توازن جسم صلب يتطلب معرفة المرجح.
- التدفق الكهرومغناطيسي يتطلب معرفة الجداء الشعاعي الذي لا يدرس في مرحلة التعليم الثانوي (وزارة التربية الوطنية، 2008).

2.7 أهمية التنسيق بين الهندسة والعلوم الفيزيائية وصعوباته

التنسيق ضروري، وذلك لحث المناهج على تكاملية المواد. وبالتالي ضرورة أن يظهر ذلك في الممارسات التعليمية حيث يتم التنسيق بين مجالات المواد المتقاربة وبشكل أخص بين الهندسة والفيزياء، قد يرجع ذلك لكون أساتذة الرياضيات يدرسون الهندسة دون تطبيقها في الفيزياء، بينما يستعمل أساتذة الفيزياء الرياضيات لكونها أداة فعالة في التدريس (المديرية الفرعية للبرامج التعليمية، 2011، صفحة 76).

تكمن وجود صعوبات في التنسيق وجود صعوبة في الانتقال من الجانب الحدسي والتجريبي إلى الجانب العقلاني قد يرجع كون المقررات في الرياضيات هي رياضيّاتيّة بحتة ماعدا السنة الأولى التي تعتبر جذع مشترك وبالتالي يصعب على الأستاذ إعطاء تطبيقات في الفيزياء بمعنى تدريس معارف بشكل نظري دون الانتقال من مفاهيم مجردة وتجريبية، أو عدم تدريب التلاميذ على الانتقال من المعارف التجريبية والحدسية إلى المعارف النظرية، بعض دروس الفيزياء تتطلب مفاهيم في الهندسة لا توجد أصلا برامج التعليم الثانوي مثال ذلك: الجداء الشعاعي، وكذلك التركيز على حل مشكلات مأخوذة من الواقع، وبالتالي ضرورة نمذجتها رياضياتيا، كما أن النمذجة تلعب دورا حاسما في الظواهر الفيزيائية يمكن القول هذه صعوبات قائمة يتطلب علاجها (المديرية الفرعية للبرامج التعليمية، 2011، صفحة 81).

3.7 اقتراحات حول العلاقة بين الهندسة بالعلوم الفيزيائية

نقدم بعض الاقتراحات التي تجعل العلاقة بين الهندسة والعلوم الفيزيائية أكثر ارتباطا وتماسكا.

- وضع منهاج في مادة الرياضيات متوافقا مع منهاج مادة العلوم الفيزيائية بحيث يتعلم التلميذ المفهوم الهندسي رياضيّاتيّا أولا، ثم يتسنى له فهمه وهضمه، حيث يشير (Usiskin, 1982) إلى أن العديد من التلاميذ يفشلون في فهم المفاهيم الأساسية في الهندسة، واستخدامه في الفيزياء ثانيا.
- الاهتمام بالتنسيق بين الهندسة والفيزياء في الأطوار ما قبل الثانوي (الابتدائي، المتوسط)، وذلك لكي يتعود التلميذ على فهم الهندسة فيزيائيا.
- الربط بين الرياضيات والفيزياء في التدريس، على سبيل المثال: تدريس الهندسة تجريبيا، أو أكثر من ذلك، إضافة مقرر يتضمن وضعيات مشاكل تترجم المعارف النظرية في الواقع وتربط ما هو رياضياتي نظري بما هو فيزيائي تجريبي
- استعمال التكنولوجيا وتوفير المخابر والإمكانيات في التدريس للربط بين الهندسة والفيزياء.

8. مراحل تطور الهندسة بين الرياضيات والعلوم الفيزيائية وإسقاط أفكارها على المناهج التعليمية الجزائرية

- مرحلة الهندسة الإقليدية تُوّجَت بدارسة هندسية بالغة الأهمية هي المعروفة بأصول إقليدس (les Eléments) التي ظلت خلال عشرين قرنا منطلق كل عمل هندسي. وهكذا ظهرت مسلمات وضعها أقليدس في كتابه الشهير "كتاب الأصول" أسست الهندسة الأقليدية، وهي الهندسة التي تدرّس اليوم في كل مدارس العالم.

تتعلق مرحلة الهندسة الأقليدية لكونها تتميز بين الهندسة العقلانية التي تعتمد على البرهان لاكتشاف الخصائص، والهندسة التطبيقية التي تنتهج الجانب التجريبي، لكنها تستخدم أيضا نتائج الهندسة العقلانية لحل المشاكل التطبيقية.

- ظهور مرحلة الهندسة اللاأقليدية كانت نتيجة الفشل في البرهان على مصادرة التوازي، حيث نص على أنّ: "فكرة الهندسة اللاّأقليدية أتت من فشل محاولات البرهان على مصادرة التوازي" أي تغيير مضمون مسلمة من المسلمات التي تقوم عليها هندسة

إقليدس (وهي المسلمة الخامسة القائلة بأننا نستطيع إنشاء مستقيم مواز واحد لمستقيم معلوم من نقطة معلومة معطاة خارج المستقيم المعلوم) فزاد ذلك في تشعب الهندسة (سعد الله، 2009، صفحة 174)، هذه الفكرة صحيحة ولكن غير واضحة بأن عدم البرهان عليها ما سماها دالامبير بفضيحة الهندسة". وبما أننا لا نستطيع الإثبات، فمصادرة التوازي قد لا تكون صحيحة. استنادا إلى محاولات البرهان بالخلف، فإنّ مكتشفي هذه الهندسة (غوص وبولاي ولوباتشفسكي) فحصوا نتائج هندسية غير متوافقة مع مصادرة التوازي، وطوّروا بالتالي مدونة هندسية جديدة سماها غوص هندسة لاأقليدية ليبين مدى اختلاف خصائص هذه الهندسة عن الهندسة العادية"، أدت بإبن الهيثم بمحاولة إثبات صحة المسلمة من خلال برهان تجريبي.

ومما سبق تعتبر الهندسة حلقة وصل بين الرياضيات والفيزياء. التمييز بين الهندسة العقلانية التي تعتمد على البرهان لاكتشاف الخصائص، والهندسة التطبيقية التي لديها نهج تجريبي أكثر، لكن تستخدم أيضا نتائج الهندسة العقلانية لحل مشاكل تطبيقية، لكنها اعتبرت الهندسة بين الرياضيات والفيزياء نفسها، تسمح التجربة بتحديدها من بين تعدد الهندسات. لما كانت الهندسة في الفيزياء هندسة خاصة، فإنها أنعشت الرياضيات كما أنعشت الفيزياء الرياضيّات منذ الثورة العلمية في القرن السابع عشر.

بالرجوع إلى المناهج الرياضيّاتيّة للتعليم ما قبل الجامعي في الجزائر، نجد أن الهندسة المدرّسة هي هندسة أقليدية تتصف بالجانب الاستدلالي الاستنتاجي والتجريبي المحسوس. فهذه الهندسة وحيدة، ولا يوجد تعدد هندسي حتى يمكن التمييز بينها تبعا لمعيار الملاءمة مع العالم الحقيقي. لكن هذه الهندسة عقلانية تعتمد على البرهان لاكتشاف الخصائص التي هي كذلك حقائق العالم، وتطبيقية لديها نهج تجريبي أكثر.

9. تعليم الهندسة

1.9 تعليم الهندسة اعتمادا على جوانبها الحدسية والعقلانية والتجريبية

إنّ تعليم الهندسة تنمي في التلاميذ روح الملاحظة والاستدلال والدقة في التعبير والخيال من خلال الربط بين جوانبها الحدسية والعقلانية والتجريبية. إنها وسيلة فعالة في تحقيق بعض أهداف تعليم الرياضيات والفيزياء، يتطلب تعليم الهندسة في الثانوي،

النظر في ثلاث جوانب للمعرفة: الجانب الحدسي، العقلاني، التجريبي. يتم شرح هذه الجوانب فيما يلي:

(أ) الجانب الحدسي

الحدس هو المعرفة المباشرة للأشياء دون جدل عقلي، أي إدراك عقلي بديهي للحقائق. وهو نوعان، حدس حسي يعتمد على الأشياء والحواس وحدس عقلي يعتمد على الأفكار والعقل (فايد، 1981، صفحة 11). تعليم الهندسة يرتكز على دراسة الأجسام الصلبة، فهي تهتم بالعلاقات فيما بينها، خاصة العلاقات "لها نفس المقدار" و"لها نفس الشكل"، وكذلك علاقة المساواة، التي يمكن تعريفها بالشكل: "يتساوى جسمان صلبان إذا كانا لهما نفس المقدار ونفس الشكل". إنّ مبدأ المساواة عن طريق التطابق، لا يزال غير كاف، يبرر ذلك بالرجوع للواقع: إذا استطعنا التحقق عمليّا من تطابق لوحتين مستويتين، فإن هذا التحقق يكون مستحيلا من أجل مكعبين مما يبيّن حدود فعالية هذا المبدأ. وعليه، يمكن التساؤل عن توفر شروط كافية تضمن إمكانية تطابق جسمين دون الحاجة للتحقق عمليا (Bkouche, 2006, p. 8)، هذا المثال من نوع التجريب الذهني، ويكمن هنا في الجانب الحدسي لتعليم الهندسة.

(ب) الجانب العقلاني

يأتي الجانب العقلاني من المعرفة الحسية أو من المعرفة التي تم تنظيرها، يمكن أن يكون هذا التجاوز بعدة أنواع من بينها العقلانية التي نفضلها، وهذا يعني بناء معرفة منظمة. إنّ تنظيم المعرفة، يتعلق بدور المنطق الذي ينص على قواعد التنظيم. هل المنطق مقدّم على الاستدلال الهندسي؟ إذا كان الجواب نعم فإن تعليم المنطق يكون قبل تعليم الهندسة. يمكن إيجاد حل وسط باعتبار أن هذين العلمين يجب أن يعلما في نفس الوقت، (Bkouche, 2006, p. 8).

(ج) الجانب التجريبي

إن مفهوم الجانب التجريبي لتعليم الهندسة يطرح تساؤلين: أولهما يتعلق بالكائنات التي تقوم عليها التجربة، وثانيهما يتعلق بالطريقة التجريبية ونوع المعرفة التي تقدمها.

نشير هنا إلى ضرورة التمييز بين التجريب والتجربة مأخوذة بتصرف من المرجع (Bkouche, 2006, p. 8):

- التجربة تعود إلى المعرفة التجريبية، وتعني مجموعة المعارف المشتركة العفوية سواء كانت أصلية أو مكتسبة.
- التجريب يعني فرض تنظير قبلي يسمح بتفسير الأسئلة التي وضعت من جهة، وتحضير مادي يرتكز على التنظير السابق من جهة أخرى.

هنا نحاول توضيح الجانب التجريبي للهندسة. القول بأن الكائنات الهندسية تأتي من تجربة العالم غير كاف لتعريف هذه الميزة التجريبية: فالتجريب لا يقتصر على ملاحظة بسيطة لكائنات العالم، إذ يمكن أن نجرب على كائنات أخرى غير تلك المعطاة من خلال معرفة العالم.

2.9 تحليل التجربة الجزائرية الخاصة بتعليم الهندسة اعتمادا على جوانبها الحدسية والعقلانية والتجريبية.

إن وقوع الهندسة في تقاطع الرياضيات والعلوم الفيزيائية يتطلب تدريس الهندسة بعلاقة وثيقة مع الفيزياء. إن استعمال الفيزياء للرياضيات وبالتحديد الهندسة مؤكّد حسب مناهج العلوم الفيزيائية للمرحلة الثانوية، حيث لاحظنا أنّ الفيزياء تهتم بطبيعة الظواهر الفيزيائية من خلال المقادير التي يمكن قياسها، والتي تظهر على شكل علاقات رياضياتية. لكن تطبيقات الرياضيات بالتحديد تطبيقات مفاهيم الهندسة في الفيزياء غير منصوص عليه بشكل صريح في المناهج الرياضياتيّة والكتب المدرسية في مرحلة التعليم الثانوي رغم أنّ توجيهات المناهج تحث على حل مشاكل من الواقع.

حسب رأينا قد يعود إشكال تدريس الهندسة في الفيزياء إلى تكوين الأساتذة المختصين في الرياضيات حيث يكون التركيز مُنصّب على مقررات رياضياتيّة بحتة. كما أنّ التدريس يقتصر على إكساب التلميذ مفاهيم هندسية مع ربطها بمفاهيم فيزيائية غير موجود.

يتم تعليم الهندسة اعتمادا على جوانبها الحدسية والعقلانية والتجريبية.

- نجد أنه في المرحلة الابتدائية، تدرس الهندسة من جانبين: حدسي، وتجريبي، لعلّ حسب رأينا غياب الجانب العقلاني يرجع للنضج العقلي للتلميذ الذي لا يتقبّل التجريد.

- في المرحلة المتوسطة، تدرس الهندسة مع مراعاة الجوانب الثلاث بما فيها الجانب العقلاني حيث يتم الشروع في تحقيق كفاءة "المنطق والبرهان الرياضيّاتيّ" في المرحلة المتوسطة تدريجيا.

- في المرحلة الثانوية، يتم تدريس الهندسة بجوانبها الثلاثة حسب الكفاءات المستهدفة، واضح من الكفاءات أن الجانب الحدسي والتجريبي موجود بالخصوص في معالجة الأشكال الهندسية والإنشاءات الهندسية واستعمال الحاسبة والحاسوب. وأن الجانب العقلاني يتمثل بالخصوص في توظيف المنطق وبناء البراهين.

حسب دراسة سابقة مأخوذة بتصرف من المرجع (Bkouche, 2003, p. 1)، بأن تصنيف الهندسة كعلم رياضياتي أم فيزيائي تجريبي صعب، بالرجوع للمناهج التعليمية لمادة الهندسة، نجد أنها تقدمها على أساس أنها ترتبط بالواقع المحسوس من جهة، وتعتمد في براهينها من جهة أخرى على الاستدلال الفرضي الاستنتاجي المجرد(منهج الفرضية والاستنتاج) ، إن هاتين الصفتين للهندسة، يجعلها تمثل الجانب الرياضيّاتيّ البحت الموجود في الرياضيات، والجانب التجريبي الموجود في الفيزياء.

يمكن شرح تطور هذه الكفاءة النهائية للهندسة على مستوى المرحلة ما قبل الجامعي في الجزائر، يمكن القول أنّ تعلّم الهندسة في المرحلة الابتدائية يبدأ بالمعالجة اليدوية لأشياء ملموسة.

وفي مرحلة التعليم المتوسط توظيف مختلف مكتسبات التلميذ المتعلقة بالبرهان حيث تبرر العديد من النظريات المقررة، كما تشكل الهندسة فضاء هاما لتطوير قدرات التلميذ على البرهان.

وفي مرحلة التعليم الثانوي لا يمكن اعتبار الرياضيات علم حساب فقط، بل أنها مصدر للدقة والصرامة، ومن أجل هذا، يجب المحافظة على التوازن بين التدريب على

الحساب والتطبيق من جهة، والتفكير والبرهان من جهة أخرى، وهما عنصران ضروريان لتطور الرياضيات.

10. خاتمة:

تقع الهندسة في تقاطع بين الرياضيات والعلوم الفيزيائية، وبالتالي تمتاز بطابع حدسي وتجريبي وعقلاني. وعليه يجب النظر إلى وضعية تعليم الهندسة في مرحلة التعليم الثانوي، وبالتحديد علاقة الهندسة بالعلوم الفيزيائية ومن بين الاقتراحات هي:

- الاهتمام بالتنسيق بين الهندسة والفيزياء في أطوار مبكرة حتى يتعود التلميذ على فهم الهندسة فيزيائيّا.
- الاهتمام بالتدريس التجريبي للهندسة، وربط ما هو رياضياتي نظري بما هو فيزيائي تجريبي.
- وضع منهاج في مادة الرياضيات متوافقا مع منهاج مادة الفيزياء بحيث يتعلم التلميذ المفهوم الهندسي أولا، ثم يتسنى له فهمه واستخدامه في الفيزياء ثانيا.
- استعمال التكنولوجيا وتوفير المخابر والإمكانيات في التدريس للربط بين الهندسة والفيزياء.
- ضرورة التكوين النوعي للمكونين قصد التحكم أكثر في الجوانب الرياضيّاتيّة والابستمولوجيّة والتعليميّة لتمكينهم من أداء مهمتهم بشكل فعال.

11. قائمة المراجع:

قائمة المراجع بالعربية

أبو بكر خالد سعد الله. (2009). *سند تكويني موجه لمفتشي التعليم الإبتدائي (خاص بالتكوين المتخصص)، مادة الحساب، مادة الهندسة*. الجزائر :المعهد الوطني لتكوين مستخدمي التربية وتحسين مستواهم بالحراش.

المديرية الفرعية للبرامج التعليمية. (2011). *المناهج التعليمية لأقسام السنة الثالثة ثانوي للمواد العلمية والتكنولوجيا*. الجزائر: مديرية التعليم الثانوي العام والتكنولوجي.

حسن علي سلامة. (1995). *طرق تدريس الرياضيات بين النظرية والتطبيق (الطبعة الأولى)*. مصر: دار الفجر للنشر والتوزيع بالقاهرة.

عباس ناجي عبد الأمير، رحيم يونس كرو. (2013). *تعليم الرياضيات، مفاهيم – استراتيجيات– تطبيقات*. الأردن: دار اليازوني العلمية للنشر والتوزيع بعمان.

عبد الحميد فايد. (1981). *رائد التربية العامة وأصول التدريس (الطبعة الرابعة)*. لبنان: دار الكتاب اللبناني ببيروت.

محمد الطاهر طالبي. (بلا تاريخ). *مقرر تعليمية الرياضيات، مطبوعة غير منشورة موجهة لتكوين الأساتذة عن بعد*. الجزائر: المدرسة العليا للأساتذة بالقبة.

وزارة التربية الوطنية. (2008). *الكتب المدرسية: مرحلة التعليم الثانوي، مادتي الرياضيات والعلوم الفيزيائية*. الجزائر: الديوان الوطني للمطبوعات بالعاشور.

يزيد قواري. (2017). *المعرفة الرياضياتية بين التنظير الاستنباطي والتجريب الاستقرائي: حالة الهندسة الإبتدائية، دراسة تاريخية ابستمولوجية وتعليمية،أطروحة ماجستير تخصص تعليمية وتاريخ الرياضيات*. الجزائر: المدرسة العليا للأساتذة بالقبة.

قائمة المراجع بالأجنبية

Aurélie Chan-Fat, V. L. (2004). *La frontière entre les mathématiques mixtes et les mathématiques appliquée.* Université de La Réunion, France.

Bkouche, R. (2003). *La géométrie élémentaire, une science physique?* à paraître in Actes du Colloque Inter IREM Géométrie de Liège, Belgique. .

Bkouche, R. (2006). *La Géométrie entre mathématiques et sciences physiques,Article publié dans Proceefing of 4th International Colloquim on the Didactics of Mathematics, V;II,édité par Kourkoulos et al..* Université de Crète,Crète.

Usiskin, Z. (1982). *Van Hiele Levels and Achievement in Secondary School Geometry*. Departement of Education the University of Chicago,5835 s.Kimbark Avenue Chicago,IL 60637, USA.