



HAL
open science

Capacités visuo-spatiales des étudiants Sénégalais en génie mécanique selon le parcours de formation

Sylvain Luc Agbanglanon

► **To cite this version:**

Sylvain Luc Agbanglanon. Capacités visuo-spatiales des étudiants Sénégalais en génie mécanique selon le parcours de formation. Liens nouvelle série, 2020. hal-03233098

HAL Id: hal-03233098

<https://hal.science/hal-03233098>

Submitted on 23 May 2021

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Sylvain Luc Agbanglanon

CAPACITES VISUO-SPATIALES DES ETUDIANTS SENEGALAIS EN GENIE MECANIQUE SELON LES PARCOURS DE FORMATION

Résumé

Plusieurs travaux relèvent des liens entre capacités visuo-spatiales et apprentissage, notamment dans le domaine des sciences, de la technologie, de l'ingénierie et des mathématiques (STEM). La présente étude s'attèle à caractériser le niveau de capacités visuo-spatiales des étudiants sénégalais, et à déceler les différences qui existeraient, du point de vue de ces capacités, selon le type de formation en génie mécanique. Les données liées au parcours de formation et aux capacités visuo-spatiales sont respectivement recueillies à l'aide d'un questionnaire et de tests psychométriques. Au moyen de tests statistiques non paramétriques, de Kruskal Wallis et de Wilcoxon, nous comparons 118 étudiants issus de cinq établissements publics de formation au niveau post secondaire. Les résultats obtenus nous permettent d'observer une différence dans le niveau de capacités visuo-spatiales selon le parcours de formation.

Mots clés : Capacités visuo-spatiales, génie mécanique, parcours de formation, post secondaire, tests psychométriques.

Abstract

Many researches identify links between visuo-spatial abilities and learning, particularly in science, technology, engineering and mathematics (STEM). Our study attempts to characterize the level of visuo-spatial abilities of Senegalese students, and to detect the differences that would exist, from the point of view of these abilities, according to the educational path in mechanical engineering. Data related to the educational path and spatial abilities are collected respectively using a questionnaire and psychometric tests. Using non-parametric statistical tests, like Kruskal Wallis and Wilcoxon ones, we compare 118 students from five public training institutions at post-secondary level, in mechanical engineering. The obtained results show some differences in the level of visuo-spatial abilities depending on the educational path.

Keywords: Visuo-spatial abilities, mechanical engineering, educational path, post-secondary education, psychometric tests.

Introduction

Les capacités visuo-spatiales, renvoient principalement à la faculté de générer, retenir et manipuler des images visuelles abstraites (Lohman, 1979). Ces capacités visuo-spatiales ont un effet positif et réciproque sur l'apprentissage de l'ingénierie mécanique et plus largement celui des sciences, de la technologie, de l'ingénierie et des mathématiques (STEM). Cette influence est d'autant vérifiée pour ce qui est de la visualisation spatiale, qui est une composante des capacités visuo-spatiales et qui relève de l'aptitude à percevoir des motifs complexes et à simuler mentalement à quoi ils pourraient ressembler une fois transformés. Lesdites capacités favorisent un meilleur apprentissage des sciences et de la technologie (Ha & Fang, 2015 ; Hsi, Linn & Bell, 1997 ; Sorby, Veurink & Streiner, 2018 ; Veurink & Sorby, 2019 ; Wai, Lubinski & Benbow, 2009), en termes de conception et de représentation des objets en 2D ou 3D (Adanez & Velasco, 2002 ; Branoff & Dobelis, 2013 ; Liao, 2017 ; Martín-Dorta, Saorín & Contero, 2008 ; Potter & van der Merwe, 2001 ; Sorby, Nevin, Behan, Mageean & Sheridan, 2014). En retour, la formation préalable dans les domaines des sciences et de la technologie améliore les capacités visuo-spatiales (Ault & John, 2010 ; Sorby & Veurink, 2010 ; Uttal, Meadow, Tipton, Hand, Alden, Warren & Newcombe, 2013). L'essentiel des travaux précédemment évoqués, traitant de cette question, sont menés en Amérique, en Asie, en Europe, avec quelques rares études en Afrique (Ault & John, 2010 ; Kok & Bayaga, 2019), quasiment localisées en dehors de l'espace francophone. Ainsi, il n'apparaît dans la littérature aucune recherche pouvant servir de base de connaissances sur la situation du système éducatif sénégalais, en ce qui concerne le niveau de capacités visuo-spatiales.

Alors, les questions qui suivent nous interpellent :

- Quel est le niveau des capacités visuo-spatiales des étudiants sénégalais dans les formations post secondaires en génie mécanique ?
- Existe-t-il, du point de vue des capacités visuo-spatiales, des différences entre les étudiants sénégalais en génie mécanique selon les parcours de formation ?

1. Cadre théorique

1.1. Les capacités visuo-spatiales sous l'angle de la théorie des capacités cognitives de Cattell-Horn-Carroll

Il convient de situer les capacités visuo-spatiales par rapport à l'ensemble des capacités cognitives pour en avoir une meilleure compréhension. Les capacités cognitives, ou l'intelligence en d'autres termes, ont connu une évolution dans leur appréhension. Elles ont d'abord été considérées comme unidimensionnelles par Spearman, avant que leur caractère multifactoriel ne soit postulé. De ce second point de vue se réclament le modèle des capacités mentales primaires de Thurstone ainsi que la théorie des capacités cognitives de Cattell-Horn-Carroll sans oublier le modèle hiérarchique de Vernon (Carroll, 1993 ; McGrew, 2005 ; Newton & McGrew, 2010).

La théorie des capacités cognitives de Cattell-Horn-Carroll, née de l'intégration du modèle de l'intelligence fluide et de celle cristallisée Gf-Gc de Cattell-Horn avec le modèle hiérarchique à trois strates de Carroll, rencontre un niveau de consensus important et est largement convoquée dans de nombreux travaux récents (Alfonso, Flanagan & Radwan, 2005 ; McGrew, 2005 ; Schneider & McGrew, 2012).

Cette théorie postule l'existence d'une intelligence générale notée *g*, cette dernière est multidimensionnelle et composée de capacités cognitives larges ou d'un niveau intermédiaire. Une structuration en capacités générales, sensori-motrices et connaissances acquises en permet une lecture plus aisée (Schneider & McGrew, 2012).

Les capacités de la strate moyenne agglomèrent des capacités plus fines. Celles visuo-spatiales auxquelles nous nous intéressons de manière plus précise se déclinent selon le modèle CHC en 11 capacités, avec la visualisation (*visualization Vz*) comme capacité visuo-spatiale principale.

Différentes catégorisations des facteurs qui composent ces capacités visuo-spatiales ont eu cours. McGee (1979) en distingue deux : la visualisation spatiale et l'orientation spatiale. Une déclinaison en relations spatiales, orientation spatiale et visualisation spatiale est issue de Lohman (1979), une autre en perception mentale, rotation mentale et visualisation spatiale est faite par Linn & Petersen (1985). Une assez large étude sur les facteurs, conduite par Carroll (1993), identifie cinq facteurs dans le domaine de la perception visuelle : la visualisation, les

relations spatiales, la vitesse de fermeture, la flexibilité de fermeture, et la vitesse de perception. Une autre logique de classification, reposant sur la nature intrinsèque ou extrinsèque des caractéristiques des objets et du dynamisme des opérations qu'elles requièrent, conduit à une classification en capacités visuo-spatiales de nature : intrinsèques-statiques, intrinsèques-dynamiques, extrinsèques-statiques et extrinsèques-dynamiques (Newcombe & Shipley, 2015).

Les définitions usitées sont également assez diverses. Ainsi les capacités visuo-spatiales renvoient de manière générale à l'aptitude à représenter, transformer, générer et rappeler de l'information symbolique non linguistique (Linn & Petersen, 1985). De façon spécifique, les capacités visuo-spatiales, dans leur dimension liée à la visualisation spatiale font référence à la faculté de générer, retenir et manipuler des images visuelles abstraites (Lohman, 1979), ou à la capacité de faire pivoter mentalement, de manipuler et de tordre des objets à deux et à trois dimensions (McGee, 1979). La dimension relative à l'orientation spatiale relève quant à elle de la capacité à imaginer la manière dont un stimulus se présenterait sous un autre angle de vue (Lohman, 1979), ou à l'appréhension de la disposition de différents éléments dans un ensemble, la capacité à distinguer les différentes orientations prises par les éléments d'une situation spatiale, et la capacité à s'orienter dans l'espace (McGee, 1979).

Dans cette diversité d'acceptions voire de points de vue nuancés en apparence, il existe actuellement un consensus autour du modèle CHC qui reprend la définition de Lohman.

1.2. Parcours de formation : structure du système sénégalais post secondaire de formation en génie mécanique

Le concept de parcours de formation renvoie à la voie suivie par l'apprenant ou l'étudiant en vue du développement de ses connaissances ou de ses compétences. Ce parcours de formation peut être appréhendé du point de vue du niveau de développement des compétences et de l'identité professionnelle en construction (Toczek, 2013). De manière plus précise, le parcours de formation peut être décliné en termes de structuration du système de formation, en types d'établissements, de diplômes préparés et de filières de formation suivies (Béduwé, Fourcade & Giret, 2009).

Ainsi, en ce qui concerne les types d'établissements, les types et les niveaux de formation, il convient de préciser la structure du système

sénégalais d'enseignement et de formation dans les disciplines liées à la technologie. Cette précision permettra une meilleure prise en compte des variables liées aux parcours de formation dans la suite de notre étude.

Pour ce qui a trait à la structuration du système d'enseignement et de formation sénégalais en niveaux, nous distinguons le niveau moyen, le niveau secondaire et le supérieur. En plus de la structuration par niveau, le système est caractérisé par une catégorisation selon les finalités de l'enseignement, d'où la distinction faite entre enseignement et formation. Ainsi dans les domaines liés à la technologie, le système d'enseignement technique vise le développement d'une culture scientifique et technologique. Le système de formation professionnelle poursuit, quant à lui, le développement de compétences en lien plus ou moins étroit avec des métiers bien identifiés.

Une structuration plus fine est faite dans la formation professionnelle, où une catégorisation complétant la précédente, et liée aux niveaux de qualification professionnelle, a cours. Elle distingue 5 niveaux de qualification.

- Le niveau V correspond à une qualification liée à une activité professionnelle d'ouvrier.
- Le niveau IV renvoie à une qualification de technicien permettant d'exécuter un travail en autonomie ou avec des responsabilités d'encadrement et de coordination.
- Le niveau III correspond à une qualification de technicien supérieur avec des compétences de niveau supérieur requérant le recours à des outils scientifiques complexes.
- Le niveau II se rapporte à des qualifications du niveau de la licence ou de la maîtrise.
- Et enfin le niveau I correspond à des qualifications de niveau supérieur à la maîtrise (Loi d'orientation de la formation professionnelle et technique, 2015).

Ces niveaux de qualification peuvent être déclinés en termes de diplômes et titres. Le niveau I renvoyant au diplôme d'ingénieur de conception ou de Master, le niveau II à celui d'ingénieur des travaux ou à un diplôme du second cycle supérieur, le niveau III aux diplômes de niveau bac+2 (diplôme universitaire de technologie - DUT, brevet de

technicien supérieur - BTS), le niveau IV au baccalauréat et au brevet de technicien (BT) et le niveau V au certificat d'aptitude professionnelle (CAP) et au brevet d'études professionnelles (BEP) (Goudiaby, 2017).

Relativement aux types d'établissements et de filières suivies dans le système sénégalais d'enseignement post secondaire, nous présentons dans ce qui suit la situation de la formation en génie mécanique dans quelques établissements publics d'enseignement supérieur. L'école supérieure polytechnique (ESP) de l'Université Cheikh Anta Diop de Dakar dispose, dans le domaine, de formations de techniciens supérieurs (Diplôme universitaire de technologie - DUT), de licences, d'ingénieurs des travaux (DIT), de masters ou d'ingénieurs de conception (DIC). A l'université Cheikh Anta Diop de Dakar, l'offre de l'école normale supérieure d'enseignement technique et professionnel (ENSETP) renferme des formations d'enseignants dans les spécialités du génie mécanique. L'école polytechnique de Thiès (EPT), qui forme des ingénieurs de conception et initie à la recherche à travers des diplômes de Master, est l'un de ces établissements d'enseignement supérieur où l'on retrouve les spécialités du génie mécanique.

Des établissements de formation professionnelle, de même que des lycées techniques développent des formations en vue de l'obtention du diplôme national du brevet de technicien supérieur (BTS) dans des spécialités en lien avec le génie mécanique. C'est le cas du centre pour l'entrepreneuriat et le développement technique (CEDT) ainsi que le centre de formation professionnelle et technique (CFPT).

2. Méthodologie

2.1. Caractéristiques des participants à l'étude : élèves ingénieurs, élèves professeurs et élèves techniciens supérieurs

L'étude que nous avons menée a eu pour cadre cinq établissements sénégalais dispensant des formations de niveau post secondaire en génie mécanique. Deux de ces établissements sont des établissements de formation professionnelle de l'agglomération Dakaroise : le centre pour l'entrepreneuriat et le développement technique (CEDT-G15) ainsi que le centre de formation professionnelle et technique (CFPT). Entre autres missions, ces deux établissements forment des techniciens supérieurs. En plus des deux écoles précédentes, trois écoles

d'enseignement supérieur sont prises en compte par notre recherche. Il s'agit de l'école polytechnique de Thiès (EPT), de l'école supérieure polytechnique (ESP) et de l'école normale supérieure d'enseignement technique et professionnel (ENSETP). L'école polytechnique de Thiès est une école de formation d'ingénieurs de conception, située à 70 km à l'Est de Dakar. L'école supérieure polytechnique et l'école normale supérieure d'enseignement technique et professionnel sont deux écoles de formation de l'université Cheikh Anta Diop de Dakar. La première forme essentiellement des techniciens supérieurs, des ingénieurs technologues et des ingénieurs de conception. La seconde a pour vocation première de former des enseignants du moyen et du secondaire.

La collecte des données, qui s'est déroulée en 2017, a concerné 118 étudiants ou pensionnaires des cinq établissements ciblés par cette recherche. Ce recueil de données a mis l'accent sur les caractéristiques sociodémographiques telles que l'âge et le genre, le parcours de formation en termes de type et niveau de formation, et la mesure des capacités visuo-spatiales. Les données sociodémographiques et celles liées au parcours de formation sont recueillies à travers un questionnaire sur papier, tandis que les capacités visuo-spatiales sont mesurées par le biais de tests psychométriques sur papier également.

Notons que le genre masculin caractérise majoritairement notre échantillon, avec 88,14 % (n = 104) d'hommes et 11,86 % (n = 14) de femmes.

Tableau 1 : Genre des participants (n = 118)

	Effectif	Pourcentage
Homme	104	88,14 %
Femme	14	11,86 %

Du point de vue des établissements de provenance, les participants à l'étude sont à 33,9 % (n = 40) issus de l'ESP, à 21,19 % (n = 25) du CEDT-G15, à 16,95 % (n = 20) du CFPT, à 15,25 % (n = 18) de l'EPT et à 12,71 % (n = 15) de l'ENSETP. Le tableau 2 qui suit montre la distribution des participants selon le type de formation, de même que selon le niveau d'étude.

Tableau 2 : Parcours de formation des participants (n = 118) et variance de la variable Moy

Établissement	Formation	Niveau	n	%	Var Moy
CEDT-G15	T_sup	Bac+2	25	21,19	0,025
CFPT	T_sup	Bac+2	20	16,95	0,014
ENSETP	Ens	Bac+3	15	12,71	0,013
ESP	Lic	Bac+3	28	23,73	0,0086
	Ing	Bac+3	12	10,17	0,0087
EPT	Ing	Bac+5	18	15,25	0,007
<i>T-sup : Technicien supérieur</i>			<i>Lic : Licence</i>		
<i>Ens : Formation à l'enseignement</i>			<i>Ing : Ingénieur</i>		

En termes d'âge, notre échantillon est caractérisé par une moyenne située à 24,19 ans comme le montre le tableau 3 suivant.

Tableau 3 : Distribution de l'âge des participants (n = 118)

	Moyenne	Médiane	min.	max.	Écart type
Age	24,19	24,00	19	38	3,42

2.2. Outils de recueil des données

2.2.1. Questionnaire de recueil du parcours de formation

Ce questionnaire comporte des éléments d'identification des répondants, tels que le prénom, le nom et l'âge, ainsi que des questions permettant de renseigner le type et le niveau de formation en cours. Les données collectées au moyen de cet outil permettent de renseigner les variables que sont : le genre, l'âge, le type de formation, et le niveau de formation.

2.2.2. Recueil des capacités visuo-spatiales : mise à contribution des tests PSVT-R, MCT et MRT

La mesure des capacités visuo-spatiales, dans notre contexte, se fait essentiellement au moyen de tests psychométriques qui, selon Carroll (1993), consistent en : la reconstitution d'objets sur formulaires papiers, la reconnaissance et le comptage de blocs identiques, l'identification de positions d'objets en rotation, la localisation de positions de marques

sur la représentation de papier plié, l'identification de correspondances en développant des surfaces entre représentations en 3D et en 2D, la reconnaissance d'images selon les points de vue, la compréhension de mouvements mécaniques. Les tests qui suivent figurent parmi les plus couramment utilisés en ingénierie mécanique, d'après Kelly Jr, Branoff, & Clark (2014) et Sorby & Baartmans (2000) : le test de rotation mentale - MRT, le test de coupe mentale - MCT et le test de visualisation spatiale en rotation de Purdue - PSVT-R. Ces tests, constitués de formulaires papier, sont administrés selon le protocole suivant :

Pour le Purdue Spatial Visualisation Test - Mental Rotation - PSVT-R - (Bodner & Guay, 1997), il comporte 30 questions traitées en 20 minutes consistant à retrouver la bonne représentation, parmi cinq propositions, d'un objet en 3D ayant subi la même rotation qu'un objet témoin. La figure 1 en présente une question type.

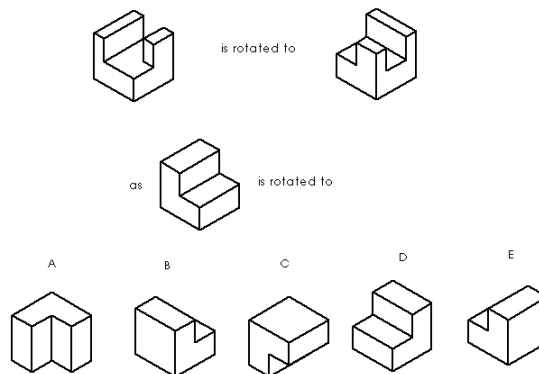


Figure 1 : Exemple du type de question du PSVT-R

Pour le Mental Cutting Test - MCT - (CEEB, 1939), le test est traité en 20 minutes et consiste en 25 questions de reconnaissance, parmi cinq choix possibles, d'une section plane d'un objet représenté en 3D comme présenté sur la figure 2.

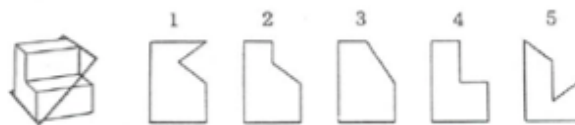


Figure 2 : Exemple présentant le type de question du MCT

Pour le Mental Rotation Test – MRT – (Vandenberg & Kuse, 1978), il

s'agit de répondre à 20 questions consistant à retrouver deux représentations, sur quatre proposées, du même objet dans des positions différentes. Elles sont traitées en six minutes au total, soit deux séries de 10 questions d'une durée de trois minutes chacune. La figure 3 en présente un type de question.



Figure 3 : Exemple présentant le type de question du MRT

Les données recueillies au moyen de ces outils renseignent la variable liée aux capacités visuo-spatiales.

2.3. Tests non paramétriques de comparaison de moyennes en guise de traitement statistique

2.3.1. Détermination des scores de visualisation spatiale

Les réponses produites pour chacun des trois tests, que sont le Purdue spatial visualization test (PSVT-R), le mental cutting test (MCT) et mental rotation test (MRT), ont été corrigées. Il a été attribué un point à chaque réponse correcte. Pour chaque test, la somme des points obtenus par chaque répondant a été divisée par le nombre de questions que comporte ledit test, permettant ainsi d'attribuer un score décimal, variant de 0 à 1, au répondant concerné. La figure 4 en illustre la distribution.

Le caractère multifactoriel des capacités visuo-spatiales nous pousse à prendre en compte les résultats aux trois tests précédents. Cette position se justifie par un coefficient Alpha de Cronbach (PSVT-R, MCT, MRT) de 0,75, qui révèle une cohérence satisfaisante entre les résultats à ces trois tests. Ainsi nous retenons la moyenne des scores comme variable synthétique (voir figure 4).

2.3.2. Choix des tests statistiques non paramétriques

Notre étude vise à comparer plusieurs groupes d'étudiants, du point de vue des moyennes des scores obtenus aux tests de capacités visuo-spatiales. La taille des groupes étant pour l'essentiel inférieure à 30 individus et la variance de la moyenne des scores n'étant pas homogène (Cf. tableau 2), nous optons pour des tests statistiques non paramétriques. Ce choix est fait en dépit du fait qu'un test de Shapiro

($p > 0,05$) n'ait pas permis de rejeter le caractère normal de la distribution de la moyenne des scores aux tests du PSVT-R, du MCT et du MRT.

A l'aide du logiciel R, les données de notre recherche ont été soumises au test de Kruskal-Wallis pour une comparaison globale des différents groupes, puis au test de Wilcoxon afin de comparer les groupes par paires.

3. Résultats

3.1. Niveau des capacités visuo-spatiales des étudiants sénégalais en génie mécanique

La description des résultats aux tests de mesure des capacités visuo-spatiales (tableau 4 et figure 4) montre une distribution des scores obtenus au PSVT, MCT et MRT présentant des valeurs moyennes respectives de 0,38, 0,33 et 0,18. De même la moyenne de la variable synthétique retenue (Moy) est de 0,3. Bien que les valeurs maximales relevées (max. PSVT-R = 0,87, max. MCT = 0,72, max. MRT = 0,6 et max. Moy = 0,62) dépassent la valeur moyenne de 0,5, les moyennes des scores obtenus aux différents tests sont inférieures à 0,5. Cela révèle globalement une certaine faiblesse du niveau des capacités visuo-spatiales des étudiants sénégalais en génie mécanique.

Tableau 4 : Distribution des scores aux tests de mesure des capacités visuo-spatiales (n = 118)

	Moyenne	Médiane	min.	max.	Écart type
PSVT-R	0,38	0,37	0,03	0,87	0,16
MCT	0,33	0,32	0,04	0,72	0,15
MRT	0,18	0,15	0,00	0,6	0,13
Moy	0,30	0,29	0,06	0,62	0,12

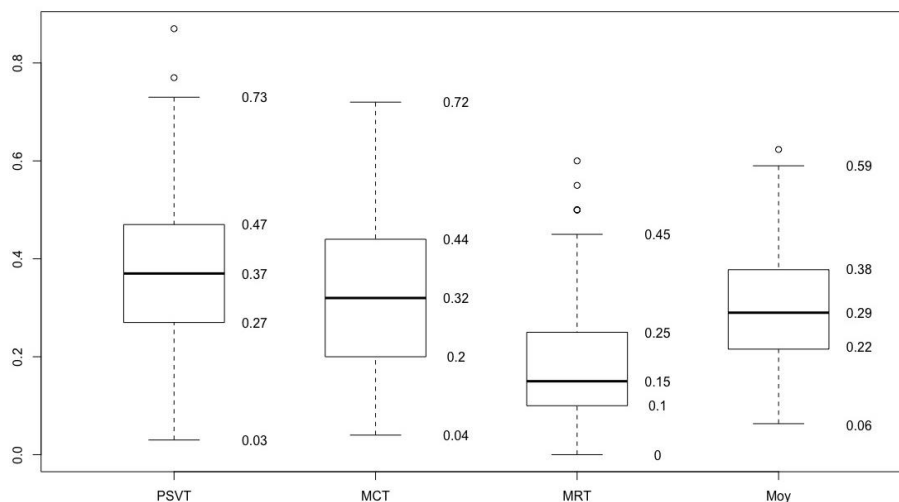


Figure 4 : Représentation graphique de la distribution des scores aux tests de capacités visuo-spatiales

3.2. Différence entre les niveaux de capacités visuo-spatiales selon les parcours de formation post-secondaire

La lecture des résultats issus du test de comparaison des moyennes de scores des différents groupes d'étudiants selon la formation suivie et l'établissement de provenance, nous permet de constater leur significativité statistique ($p < 0,01$). Ces résultats sont fournis par le logiciel R dans la formulation qui suit :

$$Kruskal-Wallis \text{ chi-squared} = 15,213, df = 5, p\text{-value} = 0,00949$$

Ainsi nous pouvons retenir, qu'en moyenne, les niveaux de capacités visuo-spatiales sont significativement, du point de vue statistique, différentes selon les groupes considérés. Ce constat nous pousse à identifier les groupes entre lesquels cette différence est notée. Un test de Wilcoxon de comparaison par paires de groupes, avec correction de Bonferroni, le permet. Le tableau 5 en livre les résultats.

Tableau 5 : Résultats du test de comparaison des types de formations selon l'établissement deux à deux

Groupe 1	Groupe 2	n1	n2	Stat	p	p corrigé
CEDT T_sup	CFPT T_sup	25	20	306	0,205	1
CEDT T_sup	ENSETP Ens	25	15	151	0,314	1
CEDT T_sup	EPT Ing	25	18	204	0,605	1

CEDT T_sup	ESP Ing	25	12	87	0,042	0,638
CEDT T_sup	ESP Lic	25	28	296	0,34	1
CFPT T_sup	ENSETP Ens	20	15	76,5	0,015	0,224
CFPT T_sup	EPT Ing	20	18	120	0,082	1
CFPT T_sup	ESP Ing	20	12	36	0,001	0,017
CFPT T_sup	ESP Lic	20	28	177	0,032	0,481
ENSETP Ens	EPT Ing	15	18	165	0,29	1
ENSETP Ens	ESP Ing	15	12	61	0,164	1
ENSETP Ens	ESP Lic	15	28	241	0,441	1
EPT Ing	ESP Ing	18	12	48	0,012	0,177
EPT Ing	ESP Lic	18	28	217	0,441	1
ESP Ing	ESP Lic	12	28	251	0,015	0,224

Le tableau 5 montre une valeur $p = 0,017$, indiquant une différence significative entre les élèves ingénieurs de conception inscrits à l'ESP et les élèves techniciens supérieurs inscrits au CFPT.

La figure 5 qui suit nous permet d'apporter une précision sur le sens de cette différence. Nous établissons alors que les niveaux de capacités visuo-spatiales des élèves ingénieurs de l'ESP sont supérieurs à ceux des élèves techniciens supérieurs du CFPT.

En ce qui concerne les niveaux de formation, un test identique de Kruskal-Wallis comparant les capacités visuo-spatiales des différents groupes d'étudiants, livre les résultats ci-dessous :

$$Kruskal-Wallis \text{ chi-squared} = 9,267, df = 2, p\text{-value} = 0,009721$$

Nous en déduisons une différence significative ($p < 0,01$) de capacités visuo-spatiales, entre les étudiants de niveau Bac+2, Bac+3 et Bac+5.

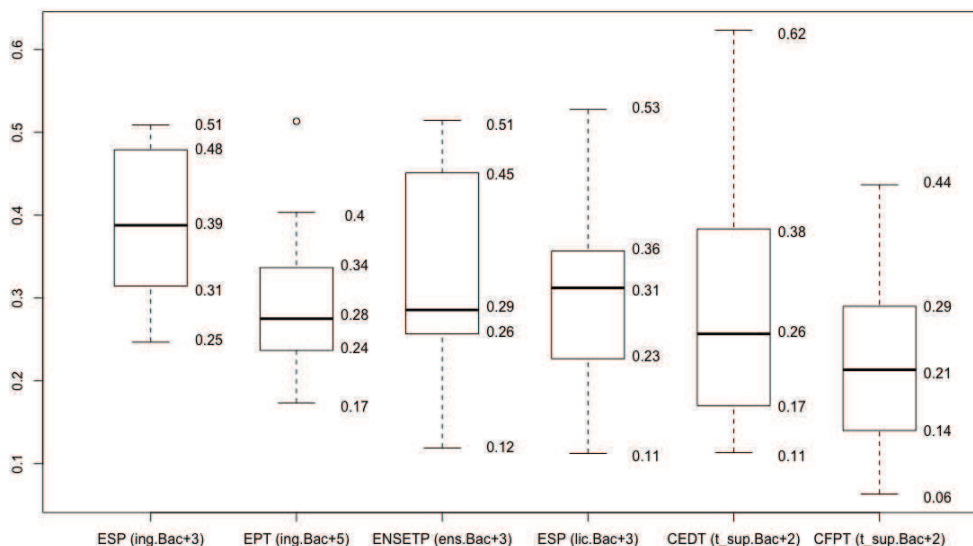


Figure 5 : Distribution de la moyenne des scores selon la formation

Les résultats du test de Wilcoxon comparant les groupes deux à deux, présentés dans le tableau 6, indiquent une différence significative entre les étudiants de niveau Bac+2 et ceux de niveau Bac+3 ($p = 0,013$).

Tableau 6 : Résultats du test de comparaison des niveaux de formation deux à deux

Groupe 1	Groupe 2	n1	n2	stat	p	p corrigé
Bac+2	Bac+3	45	55	824	0,004	0,013
Bac+2	Bac+5	45	18	324	0,218	0,654
Bac+3	Bac+5	55	18	620	0,111	0,333

Ainsi, les éléments complémentaires fournis par la figure 6 ci-après nous amènent à avancer que les étudiants de niveau Bac+3 ont des capacités visuo-spatiales plus élevées que ceux de niveau Bac+2.

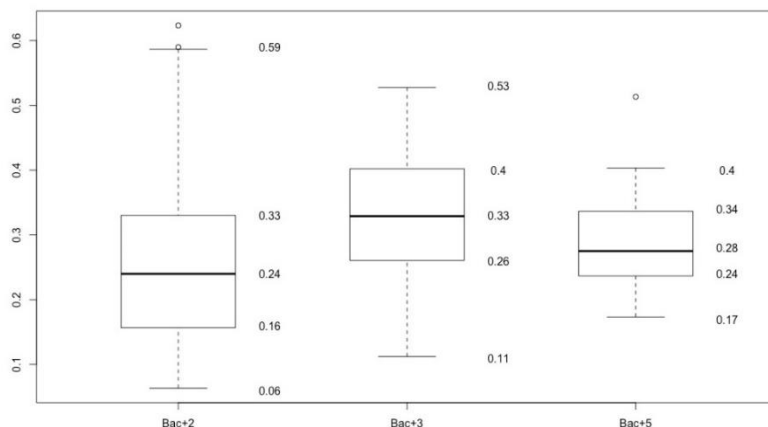


Figure 6 : Distribution de la moyenne des scores aux tests de capacités visuo-spatiales selon le niveau de formation

Relativement aux établissements d'origine, les résultats du test de Kruskal-Wallis se présentent comme suit :

$$\text{Kruskal-Wallis chi-squared} = 11,147, \text{ df} = 4, \text{ p-value} = 0,02496$$

Cela nous indique une différence significative entre les étudiants des différents établissements, en ce qui a trait aux capacités visuo-spatiales. Le tableau 7 permet de préciser que cette différence est décelée entre les étudiants de l'ESP et ceux du CFPT.

Tableau 7 : Résultats du test de comparaison des établissements deux à deux

Groupe 1	Groupe 2	n1	n2	Stat	p	p corrigé
CEDT	CFPT	25	20	306	0,205	1
CEDT	ENSETP	25	15	151	0,314	1
CEDT	EPT	25	18	204	0,605	1
CEDT	ESP	25	40	383	0,116	1
CFPT	ENSETP	20	15	76,5	0,015	0,149
CFPT	EPT	20	18	120	0,082	0,819
CFPT	ESP	20	40	213	0,003	0,034
ENSETP	EPT	15	18	165	0,290	1
ENSETP	ESP	15	40	302	0,977	1
EPT	ESP	18	40	265	0,112	1

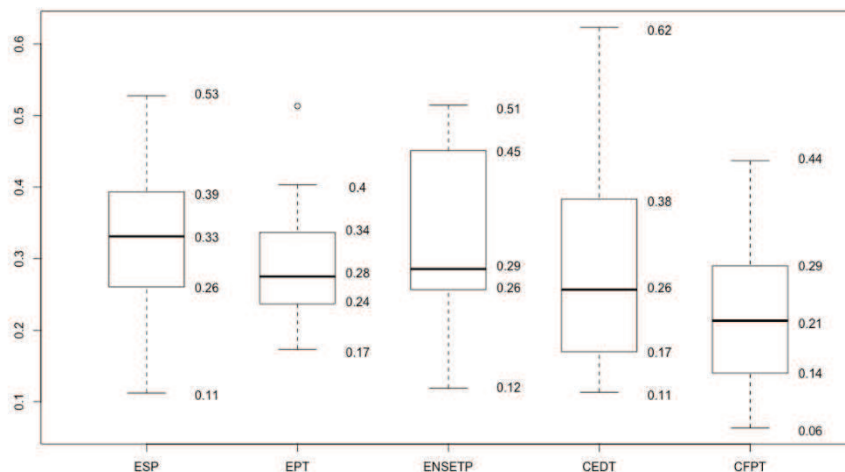


Figure 7 : Distribution de la moyenne des scores aux tests de capacités visuo-spatiales selon l'établissement

La figure 7 qui précède, nous pousse à retenir que les étudiants de l'ESP ont des niveaux de capacités visuo-spatiales plus élevés comparés à ceux des étudiants du CFPT.

4. Discussion : positionnement et portée des résultats établis

Les résultats de notre étude révèlent un niveau relativement faible des capacités visuo-spatiales des étudiants sénégalais en génie mécanique. De même, il ressort essentiellement de ces résultats que les élèves ingénieurs de l'ESP ont des niveaux de capacités visuo-spatiales plus élevés que ceux des élèves techniciens supérieurs du CFPT. Ces différences notées, eu égard au niveau et au type de formation, s'accordent avec ceux établis par les travaux ayant montré la malléabilité des capacités visuo-spatiales (Ault & John, 2010 ; Uttal et al., 2013). Le type de formation suivie semble être lié aux capacités visuo-spatiales. Leur caractère malléable pourrait expliquer les différences notées d'une formation à l'autre. De surcroît, les résultats établis quant à l'influence des capacités visuo-spatiales sur la réussite dans les sciences et la technologie (Ha & Fang, 2015 ; Hegarty, 2014 ; Hsi et al., 1997 ; Wai et al., 2009), pourraient constituer des éléments explicatifs de ces différences.

La faiblesse relative de notre échantillon est cependant en accord avec la faiblesse des effectifs dans les formations du domaine du génie

mécanique au Sénégal. Cependant, un échantillon plus fourni nous permettrait d'asseoir des évidences avec plus de force.

Conclusion

Notre objectif dans cette étude était essentiellement de situer le niveau des capacités visuo-spatiales des étudiants sénégalais en génie mécanique et de comparer, du point de vue de ces capacités visuo-spatiales, des groupes d'étudiants inscrits dans les parcours de formation en génie mécanique, au niveau post secondaire, dans cinq établissements publics sénégalais. En nous appuyant sur un questionnaire et des tests psychométriques, nous montrons essentiellement que le niveau global est assez faible et que les élèves ingénieurs de l'ESP ont des capacités visuo-spatiales plus élevées que les élèves techniciens supérieurs du CFPT. De tels résultats pourraient cependant gagner en force avec une étude plus large. En outre, il convient désormais de se poser la question de l'origine des différences notées, en vue de se projeter vers des stratégies d'amélioration du niveau de capacités visuo-spatiales globalement constaté.

Références bibliographiques

Adanez, G. P., & Velasco, A. D. (2002). Predicting academic success of engineering students in technical drawing from visualization test scores. *Journal of Geometry and Graphics*, 6(1), 99–109.

Alfonso, V. C., Flanagan, D. P., & Radwan, S. (2005). The Impact of the Cattell–Horn–Carroll Theory on Test Development and Interpretation of Cognitive and Academic Abilities. Dans D. P. Flanagan & P. L. Harrison (Éds.), *Contemporary Intellectual Assessment, Second Edition: Theories, Tests, and Issues* (p. 18). Guilford Press.

Ault, H. K., & John, S. (2010). Assessing and Enhancing Visualization Skills of Engineering Students in Africa: A Comprehensive Study. *Engineering Design Graphics Journal*, 74(2), 12–20.

Bédoué, C., Fourcade, B. et Giret, J.-F. (2009). De l'influence du parcours de formation sur l'insertion : le cas des diplômés scientifiques. *Formation emploi*, (106), 5-22. <https://doi.org/10.4000/formationemploi.1886>

Bodner, G. M., & Guay, R. B. (1997). The Purdue visualization of rotations test. *The Chemical Educator*, 2(4), 1–17.

Branoff, T. J., & Dobelis, M. (2013). The Relationship between Spatial Visualization Ability and Students' Ability to Model 3D Objects from Engineering Assembly Drawings. *Engineering Design Graphics Journal*, 76(3), 37-43.

Carroll, J. B. (1993). *Human cognitive abilities: A survey of factor-analytic studies*. Cambridge University Press.

CEEB. (1939). *Special Aptitude Test in Spatial Relations*. USA: College Entrance Examination Board.

Cooke-Simpson, A., & Voyer, D. (2007). Confidence and gender differences on the Mental Rotations Test. *Learning and Individual Differences*, 17(2), 181-186.
<https://doi.org/10.1016/j.lindif.2007.03.009>

Gorska, R., Sorby, S. A., & Leopold, C. (2009). Gender differences in visualization skills-an international perspective. *Engineering Design Graphics Journal*, 62(3).
<http://www.edgj.org/index.php/EDGJ/article/view/115/111>

Goudiaby, C. (2017). *Odyssée et mutations actuelles de l'enseignement technique et professionnel au Sénégal de 1817 à 2016 : Portées et limites des modèles qui se sont succédé. perspectives de complémentarité entre modèles traditionnels et modèles nouveaux*. L'Harmattan Sénégal.

Ha, O., & Fang, N. (2015). Spatial Ability in Learning Engineering Mechanics: Critical Review. *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, 0(0), 04015014.
[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)EI.1943-5541.0000266](https://doi.org/10.1061/(ASCE)EI.1943-5541.0000266)

Hegarty, M. (2014). Spatial Thinking in Undergraduate Science Education. *Spatial Cognition & Computation*, 14(2), 142-167.
<https://doi.org/10.1080/13875868.2014.889696>

Hsi, S., Linn, M. C., & Bell, J. E. (1997). The Role of Spatial Reasoning in Engineering and the Design of Spatial Instruction. *Journal of Engineering Education*, 86(2), 151-158.
<https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.1997.tb00278.x>

Kelly Jr, W. F., Branoff, T. J., & Clark, A. (2014). Spatial Ability Measurement in an Introductory Graphic Communications Course. *age*, 24, 1.

Kok, P. J., & Bayaga, A. (2019). Enhancing Graphic Communication

and Design Student Teachers' Spatial Visualisation Skills through 3D Solid Computer Modelling. *African Journal of Research in Mathematics, Science and Technology Education*, 23(1), 52-63. <https://doi.org/10.1080/18117295.2019.1587249>

Liao, K.-H. (2017). The abilities of understanding spatial relations, spatial orientation, and spatial visualization affect 3D product design performance: Using carton box design as an example. *International Journal of Technology and Design Education*, 27(1), 131-147. <https://doi.org/10.1007/s10798-015-9330-3>

Linn, M. C., & Petersen, A. C. (1985). Emergence and Characterization of Sex Differences in Spatial Ability: A Meta-Analysis. *Child Development*, 56(6), 1479. <https://doi.org/10.2307/1130467>

Lohman, D. F. (1979). *Spatial Ability: A Review and Reanalysis of the Correlational Literature*. (TR-8). School of Education, Stanford University California. <http://www.dtic.mil/docs/citations/ADA075972>

Loi d'orientation de la formation professionnelle et technique, 2015-01, Assemblée nationale, Session du 26 décembre 2014 (2015).

Maeda, Y., & Yoon, S. Y. (2013). A Meta-Analysis on Gender Differences in Mental Rotation Ability Measured by the Purdue Spatial Visualization Tests: Visualization of Rotations (PSVT:R). *Educational Psychology Review*, 25(1), 69-94. <https://doi.org/10.1007/s10648-012-9215-x>

Martín-Dorta, N., Saorín, J. L., & Contero, M. (2008). Development of a Fast Remedial Course to Improve the Spatial Abilities of Engineering Students. *Journal of Engineering Education*, 97(4), 505-513. <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2008.tb00996.x>

Marunić, G., & Glažar, V. (2013, janvier 1). *Spatial Ability of Engineering Students—Gender Differences*. 11th International Conference on Advanced Engineering, Computer Aided Design and Manufacturing - CADAM 2013. <http://bib.irb.hr/prikazirad?rad=677120>

McGee, M. G. (1979). Human spatial abilities: Psychometric studies and environmental, genetic, hormonal, and neurological influences. *Psychological Bulletin*, 86(5), 889-918. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.86.5.889>

McGrew, K. S. (2005). The Cattell-Horn-Carroll Theory of Cognitive

Abilities: Past, Present, and Future. Dans P. Flanagan & P. L. Harrison (Éds.), *Contemporary Intellectual Assessment: Theories, Tests, and Issues* (p. 136-181). Guilford Press.

Miller, D. I., & Halpern, D. F. (2013). Can spatial training improve long-term outcomes for gifted STEM undergraduates? *Learning and Individual Differences*, 26, 141-152. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2012.03.012>

Neuburger, S., Ruthsatz, V., Jansen, P., & Quaiser-Pohl, C. (2015). Can girls think spatially? Influence of implicit gender stereotype activation and rotational axis on fourth graders' mental-rotation performance. *Learning and Individual Differences*, 37, 169-175. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2014.09.003>

Newcombe, N. S., & Shipley, T. F. (2015). Thinking About Spatial Thinking: New Typology, New Assessments. Dans *Studying Visual and Spatial Reasoning for Design Creativity* (p. 179-192). Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-017-9297-4_10

Newton, J. H., & McGrew, K. (2010). Introduction to the special issue: Current research in Cattell-Horn-Carroll-based assessment. *Psychology in the Schools*, n/a-n/a. <https://doi.org/10.1002/pits.20495>

Potter, C., & van der Merwe, E. (2001). Spatial ability, visual imagery and academic performance in engineering graphics. *International Conference on Engineering Education, Oslo, Norway*. <http://www.ineer.org/events/icee2001/proceedings/papers/498.pdf>

Schneider, W. J., & McGrew, K. S. (2012). The Cattell-Horn-Carroll Model of Intelligence. Dans D. P. Flanagan & P. L. Harrison (Éds.), *Contemporary Intellectual Assessment, Third Edition: Theories, Tests, and Issues* (p. 99-144). Guilford Press.

Sorby, S. A., & Baartmans, B. J. (2000). The Development and Assessment of a Course for Enhancing the 3-D Spatial Visualization Skills of First Year Engineering Students. *Journal of Engineering Education*, 89(3), 301-307. <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2000.tb00529.x>

Sorby, S. A., Nevin, E., Behan, A., Mageean, E., & Sheridan, S. (2014). *Spatial Skills as Predictors of Success in First-year Engineering*. https://www.researchgate.net/profile/Edmund_Nevin/publication/267269130_Spatial_Skills_as_Predictors_of_Success_in_First-

year_Engineering/links/55113aa90cf20352196daae9.pdf

Sorby, S. A., & Veurink, N. (2010). Long-term Results from Spatial Skills Intervention among First-Year Engineering Students. *Proceedings of the 65th Midyear Meeting of the Engineering Design Graphics Division of ASEE*. http://edgd.asee.org/conferences/proceedings/65th%20Midyear/Sorby_Veurink_Long_term_Results_Spatial_Skills_intervention.pdf

Sorby, S. A., Veurink, N., & Streiner, S. (2018). Does spatial skills instruction improve STEM outcomes? The answer is 'yes'. *Learning and Individual Differences*, 67, 209-222. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2018.09.001>

Toczek, M.-C. (2013). Parcours de formation. Dans A. Jorro, *Dictionnaire des concepts de la professionnalisation* (p. 197-200). De Boeck Supérieur. <https://doi.org/10.3917/dbu.devel.2013.02.0197>

Uttal, D. H., Meadow, N. G., Tipton, E., Hand, L. L., Alden, A. R., Warren, C., & Newcombe, N. S. (2013). The malleability of spatial skills: A meta-analysis of training studies. *Psychological Bulletin*, 139(2), 352-402. <https://doi.org/10.1037/a0028446>

Vandenberg, S. G., & Kuse, A. R. (1978). Mental rotations, a group test of three-dimensional spatial visualization. *Perceptual and Motor Skills*, 47(2), 599-604. <https://doi.org/10.2466/pms.1978.47.2.599>

Veurink, N. L., & Sorby, S. A. (2019). Longitudinal study of the impact of requiring training for students with initially weak spatial skills. *European Journal of Engineering Education*, 44(1-2), 153-163. <https://doi.org/10.1080/03043797.2017.1390547>

Voyer, D., Voyer, S., & Philip, M. (1995). Magnitude of sex differences in spatial abilities: A meta-analysis and consideration of critical variables. *Psychological Bulletin*, 117(2), 250-270. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.117.2.250>

Wai, J., Lubinski, D., & Benbow, C. P. (2009). Spatial ability for STEM domains: Aligning over 50 years of cumulative psychological knowledge solidifies its importance. *Journal of Educational Psychology*, 101(4), 817-835. <https://doi.org/10.1037/a0016127>