

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

17004. 523

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

Université de 8 Mai 1945 – Guelma -

Faculté des Mathématiques, d'Informatique et des Sciences de la matière

Département d'Informatique



Mémoire de fin d'études Master

Filière : Informatique

Option : Ingénierie des Médias

Thème :

**Regroupement dynamique des apprenants dans les
environnements de réalisation collaborative des travaux
pratiques**

Encadré par :

Pr. LAFIFI Yacine

Présenté par :

Mr. GUERZIZE Brahim

Mr. LOUNIS Tawfiq

Juin 2016

Remerciements



16/917

*Nous tenons particulièrement à remercier notre encadreur le **Professeur Yacine LAFIFI** pour tous ses efforts fournis, son aide, ses orientations et ses précieux conseils qui ont été très bénéfique.*

Nous remercions également les membres du jury qui nous font un grand honneur de juger ce modeste travail.

Nous tenons à adresser nos remerciements aussi aux personnes qui nous ont apportés leurs aide et qui ont contribués à l'élaboration de ce mémoire ainsi qu' à la réalisation des différents tests sur notre projet.

Merci à tous et à toutes

Résumé

Les travaux pratiques jouent un rôle très important dans l'enseignement supérieur. Ils permettent à des groupes d'étudiants d'expérimenter les principes théoriques étudiés. En plus, ils fournissent des illustrations et des démonstrations des concepts vus théoriquement. Les apprenants regroupés en groupes de petite taille collaborent pour réaliser ensemble des travaux pratiques à distance. Il existe plusieurs méthodes de regroupement des apprenants, chacune d'elles se base sur certains critères. En plus, chaque méthode a ses avantages et ses inconvénients. En revanche, la méthode de regroupement choisie peut ne pas être efficace pour certains apprenants. Donc, l'idée de proposer un système de réalisation collaborative des travaux pratiques à distance, avec un regroupement dynamique des apprenants. Pour assurer ce regroupement dynamique, nous avons opté pour une approche bio-inspirée qui est l'algorithme génétique.

Vu la popularité des réseaux sociaux dans nos jours, nous avons proposé d'intégrer l'aspect social dans notre système de réalisation collaborative des travaux pratiques qui s'appelle **SocialPW (Social Practical Works)**. En d'autres termes, on donne la possibilité aux apprenants de donner leurs avis sur la méthode de regroupement choisie. Ces avis sont pris en compte pour une future opération de regroupement. En effet, notre système possède un sous-système qui prend en charge l'adaptation sociale des méthodes de regroupement. Cet outil qui s'appelle l'adaptateur social constitue l'élément central de notre système. Il prend en compte les préférences (avis) des apprenants et leurs compétences (profil cognitif).

Mots clés : Travaux pratiques à distance, Collaboration, Méthode de regroupement, Algorithme génétique, Profil cognitif.

Sommaire

Liste des figures.....	IV
Liste des tableaux.....	V
Introduction générale.....	1
Chapitre 1. Les travaux pratiques collaboratifs à distance.....	3
1 Introduction.....	3
2 E-Learning.....	3
2.1 Fonctionnalités d'un dispositif e-learning.....	4
2.2 Les acteurs du e-Learning.....	4
3 Les travaux pratiques (TPs).....	4
3.1 Définition d'un TP.....	4
3.2 Objectifs des TPs.....	5
3.3 Les acteurs principaux dans un environnement de TP.....	5
3.4 Limites des TPs.....	6
4 Les travaux pratiques collaboratifs à distance « Télé-TPs ».....	6
4.1 Définitions.....	6
4.2 Situation de Télé-TP en e-Learning.....	7
4.3 Apports des Télé-TPs.....	7
4.4 Limites des Télé-TPs.....	8
5 Quelques travaux sur les Télé-TPs.....	8
5.1 Le projet PEARL (Open University).....	8
5.2 La robotique pédagogique au LIUM.....	9
5.3 Un méta-modèle pour les télé-TPs.....	9
6 Conclusion.....	9
Chapitre 2. Les groupes de travail dans les environnements d'apprentissage humain.....	10
1 Introduction.....	10
2 Méthodes de regroupement des apprenants.....	10
2.1 Qu'est-ce qu'un groupe ?.....	11
2.2 La taille du groupe.....	11

2.3	Les bases d'un modèle de collaboration pour les groupes d'apprenants.....	11
2.4	Méthodes de regroupement.....	12
2.5	Avantages et inconvénients de chaque méthode de regroupement.....	13
3	La dynamique des groupes.....	14
3.1	Les caractéristiques des groupes.....	14
3.2	L'organisation intérieure des groupes.....	15
4	Quelques travaux sur les regroupements des apprenants.....	15
4.1	Frenchonline.....	15
4.2	LEARN-NETT.....	16
5	Conclusion.....	17
Chapitre 3. Algorithmes génétiques et systèmes e-Learning.....		18
1	Introduction.....	18
2	Algorithme génétique.....	18
3	Codage.....	20
4	Fonction d'évaluation (ou fonction de fitness).....	20
5	Déroulement d'un algorithme génétique.....	20
5.1	Génération de la population initiale.....	21
5.2	Évaluation des individus.....	21
5.3	Sélection.....	21
5.4	Croisement et mutation.....	22
5.5	Réitération du processus et critère d'arrêt.....	24
6	E-Learning adaptatif.....	24
7	Regroupement par algorithmes génétiques.....	25
8	Conclusion.....	27
Chapitre 4. Conception du système.....		28
1	Introduction.....	28
2	Objectifs du système.....	28
3	Architecture proposée.....	29
3.1	Modules du systèmes.....	32
3.2	Acteurs du système.....	35
4	Codification de notre algorithme génétique.....	36
4.1	Représentation d'un chromosome « Classe ».....	36
4.2	Représentation d'un gène « Apprenant ».....	37

4.3	Fonction d'évaluation.....	37
4.4	Population initiale.....	37
4.5	Méthode de sélection.....	38
4.6	Opérations génétiques.....	38
5	Fonctionnement du module de regroupement et l'adaptateur social.....	39
5.1	Module de regroupement.....	39
5.2	L'adaptateur social.....	41
6	Leader de groupe.....	42
7	Conclusion.....	42
Chapitre 5. Implémentation du système « SocialPW ».....		43
1	Introduction.....	43
2	Architecture générale.....	43
2.1	Le client.....	44
2.2	Serveur d'application.....	45
2.3	Le serveur de base de données.....	45
2.4	Cycle de vie d'une requête client.....	45
2.5	Outils de développement utilisés.....	48
3	Les interfaces du système.....	48
3.1	Espace administrateur.....	48
3.2	Espace enseignant.....	49
3.3	Espace apprenant.....	51
4	Outils de collaboration misent en place pour les apprenants.....	53
4.1	La messagerie interne.....	53
4.2	Espace commun de collaboration en TP.....	53
4.3	Le système de chat.....	53
5	Gestion de TP, fiche de vœux, QCM, regroupement et avis.....	54
6	Résultats et tests.....	60
6.1	Résultats de regroupement par les différentes méthodes implémentées.....	60
6.2	Tests de performance de l'Algorithme Génétique.....	64
7	Conclusion.....	65
Conclusion générale.....		66
Références.....		68

Liste des figures

Figure 1: Les différents acteurs et leurs interactions dans un TP en présentiel.....	5
Figure 2: Situation des Télé-TPs en e-Learning.....	7
Figure 3: Composant de base de la dynamique de collaboration.....	12
Figure 4: Cycle génétique.....	19
Figure 5: Les cinq niveaux d'organisation d'un algorithme génétique [Chouchani, 2010].....	20
Figure 6: Sélection par roulette.....	22
Figure 7: Croisement avec un point de croisement.....	23
Figure 8: Croisement avec deux points de croisement.....	23
Figure 9: Croisement uniforme.....	23
Figure 10: L'opération de mutation.....	24
Figure 11: Architecture générale du système.....	30
Figure 12: Diagramme d'activité : processus de création de TP avec regroupement dynamique.....	31
Figure 13: Diagramme de séquence : processus de création de TP avec regroupement dynamique.....	31
Figure 14: Diagramme de séquence, avis des apprenants sur une méthode de regroupement.....	32
Figure 15: Mode de fonctionnement du gestionnaire de groupe.....	33
Figure 16: Principe de fonctionnement de l'adaptateur social.....	34
Figure 17: Fonctionnement du module de regroupement 'AG'.....	35
Figure 18: Vue générale du système avec un diagramme de cas d'utilisation.....	36
Figure 19: Schéma d'un chromosome.....	37
Figure 20: Méthode de sélection adoptée.....	38
Figure 21: Opération de croisement.....	39
Figure 22: Opération de mutation.....	39
Figure 23: Architecture générale.....	44
Figure 24: Formulaire d'ajout d'un nouveau compte.....	49
Figure 25: Liste des comptes par type.....	49
Figure 26: Les TPs dans la page d'accueil de l'espace enseignant.....	50
Figure 27: Les QCMs dans la page d'accueil de l'espace enseignant.....	50
Figure 28: Page de l'adaptateur social et les traces des apprenants.....	51

Figure 29: Les TPs dans la page d'accueil de l'espace apprenant.....	51
Figure 30: Les QCMs dans la page d'accueil de l'espace apprenant.....	52
Figure 31: Page des traces dans l'espace apprenant.....	52
Figure 32: Outils de collaboration misent en place pour les apprenants.....	54
Figure 33: Formulaire de création d'un TP.....	54
Figure 34: Formulaire de création d'un QCM (1).....	55
Figure 35: Formulaire de création d'un QCM (2).....	55
Figure 36: Page des réponses QCM dans l'espace apprenant.....	56
Figure 37: Remplissage de la fiche de voeux par un apprenant.....	56
Figure 38: Génération des groupes (1).....	57
Figure 39: Génération des groupes (2).....	57
Figure 40: Génération des groupes (3).....	57
Figure 41: Espace de collaboration des apprenants pour le TP.....	58
Figure 42: Validation des comptes rendus par l'enseignant.....	59
Figure 43: Avis d'un apprenant sur la méthode de regroupement.....	59
Figure 44: Exemple de groupes générés par la méthode par affinité.....	61
Figure 45: Exemple de groupes générés par la méthode par niveau cognitif.....	62
Figure 46: Exemple de taux calculés par l'adaptateur social.....	62
Figure 47: Exemple de groupes générés dynamiquement.....	64
Figure 48: Performance de l'algorithme génétique.....	65

Liste des tableaux

Tableau 1: Les avantages et les inconvénients des méthodes de regroupement.....	14
Tableau 2: Acteurs du système.....	35
Tableau 3: Codification des niveaux cognitifs.....	40
Tableau 4: Les principaux contrôleurs du système.....	47
Tableau 5: Les principales classes modèles du système.....	48
Tableau 6: Outils de développement utilisés.....	48

Introduction générale

L'internet a donné l'opportunité d'avoir une autre méthode d'apprentissage, où les apprenants peuvent apprendre n'importe où et n'importe quand. Ce nouveau mode est appelé E-Learning ou la formation à distance, et il a apporté plusieurs concepts et pas mal d'avantages qui améliorent la qualité de l'apprentissage chez l'apprenant.

La formation à distance (FAD) a facilité l'engagement dans une formation, et a donné une chance d'apprentissage aux personnes qui n'ont pas le temps suffisant à effectuer une formation classique. Elle permet notamment de s'affranchir des contraintes géographiques.

L'accès quotidien à l'information sur le cours est plus libre que la formation classique qui exige le temps de formation. Dans ce type de formation, l'apprenant est considéré l'acteur principal de son apprentissage, c'est à dire l'apprenant devient plus actif et peut interagir avec le contenu du cours, le formateur et les autres apprenants. Avec la diffusion des technologies de l'information dans les activités éducatives, les barrières du temps et du lieu sont supprimés, ainsi que la gestion et l'exécution de ces activités peuvent être exécutées plus efficacement.

Les travaux pratiques dans l'enseignement ont une forme d'activité d'apprentissage qui se fait dans un laboratoire et qui permet à un groupe d'étudiants d'expérimenter les principes théoriques appris en suivant les consignes de l'enseignant.

Les objectifs pédagogiques derrière les travaux pratiques sont [Cooper et al., 2002a]:

- Fournir des illustrations et démonstrations des principes enseignés et donc une meilleure assimilation des apprenants.
- Motiver les étudiants et focaliser les interactions entre étudiants et entre étudiant-tuteurs.
- Développer des compétences pratiques considérées comme importantes d'un point de vue professionnel.
- Développement des compétences du travail collaboratif en équipe.

Pour atteindre ces objectifs, les apprenants doivent être divisés en groupes, dont les membres de chaque groupe d'apprenants doivent collaborer entre eux afin de rendre un compte rendu sur leurs travaux qui sera par la suite évalué et noté par l'enseignant. Pour effectuer ce regroupement, plusieurs méthodes existent déjà, chacune d'entre elles a ses avantages et ses inconvénients, ce qui rend le choix d'une méthode sur une autre, une tâche difficile.

L'objectif principal de notre recherche est la conception et l'implémentation d'un système de réalisation des travaux pratiques collaboratifs à distance avec un regroupement dynamique et adaptatif des apprenants. Le choix de la méthode de regroupement est basé sur les avis des apprenants et leurs préférences sur les différentes méthodes qui ont été déjà exploitées. Comme il n'y a pas une méthode exacte pour avoir un regroupement idéal, on a utilisé les algorithmes génétiques afin de trouver une distribution optimale de ces groupes.

Ce mémoire est organisé en cinq chapitres :

- Le premier est consacré au domaine du e-Learning en général et aux travaux pratiques collaboratifs à distance en particulier.
- Dans le deuxième chapitre, nous présentons les groupes de travail dans les Télé-TPs et les différentes méthodes existantes pour effectuer le regroupement des apprenants. Nous mettons l'accent sur les avantages et les inconvénients de chacune de ces méthodes.
- Le troisième chapitre est consacré aux algorithmes génétiques, leurs principes de fonctionnement, et surtout leur utilisation dans l'opération du regroupement des apprenants. A la fin, nous présentons quelques travaux déjà réalisés dans ce domaine.
- Dans le quatrième chapitre, nous présentons notre conception de la solution proposée et nous présentons aussi les différents composants de notre système.
- Enfin, et dans le cinquième chapitre, nous parlerons sur les différents outils utilisés pour développer ce système, ainsi qu'une présentation de l'interface utilisateur.

Les travaux pratiques collaboratifs à distance

1 Introduction

Le développement rapide de la technologie Internet et sa popularité croissante a eu un impact énorme sur le processus d'enseignement/apprentissage [Mechta, 2012]. Le domaine éducatif est largement influencé par ce que les médias appellent « la révolution des nouvelles technologies ». Les Travaux Pratiques à distance « e-TP » sont devenus un mode d'enseignement incontournable surtout dans les disciplines techniques et scientifiques [Arnous, 2014].

Dans ce chapitre, nous présentons les principes de base des travaux pratiques à distance. Pour ce faire, nous commençons par introduire le domaine général de notre recherche qui est l'apprentissage en ligne (e-Learning). Puis, nous donnons des notions relatives aux travaux pratiques en général et celles des travaux pratiques effectués à distance en particulier. Enfin, nous présentons quelques travaux de recherche cités sur les e-TP.

2 E-Learning

Le e-Learning est l'un des moyens disponibles pour la formation à distance. Il repose sur l'utilisation des supports numériques (Internet, Intranet, cédérom, etc.) dans le but de rendre accessible des parcours d'autoformation individualisés mais également dans celui de permettre des échanges entre les acteurs des formations (travail collaboratif) [URL, 1].

2.1 Fonctionnalités d'un dispositif e-learning

Les fonctionnalités d'un dispositif du e-learning permettent :

- La gestion du contenu, production et stockage de ressources pédagogiques ;
- La gestion de la formation, gestion administrative (inscription des stagiaires, gestion des accès) ;
- La gestion de l'interactivité, accompagnement asynchrone de l'apprenant (messagerie, forum, outils collaboratifs) et les classes virtuelles synchrones (vidéoconférences) ;
- La gestion des compétences et la mise en adéquation des compétences individuelles avec les besoins de formation pour réaliser des programmes adaptés [URL, 1].

2.2 Les acteurs du e-Learning

Selon [Ramdane, 2011], les acteurs d'un tel système e-learning sont les suivants :

2.2.1 Enseignant

L'enseignant crée des parcours pédagogiques types et individualisés de son enseignement, incorpore des ressources pédagogiques multimédias et effectue un suivi des activités des apprenants.

2.2.2 Apprenant

L'apprenant consulte en ligne ou télécharge les contenus pédagogiques qui lui sont recommandés, organise et a une vue de l'évolution de son travail, effectue des exercices, s'auto évalue et transmet des devoirs à corriger.

2.2.3 Administrateur

L'administrateur a pour rôle d'installer les applications de la plate-forme, d'assurer la maintenance et la gestion des accès au système.

3 Les travaux pratiques (TPs)

3.1 Définition d'un TP

Les travaux pratiques offrent aux apprenants des dispositifs concrets où ils peuvent mettre en application leurs connaissances. Leur mission consiste à réaliser une tâche vérifiable pour obtenir des résultats. Pour y parvenir, des méthodes et outils sont souvent donnés. Les apprenants doivent instancier les modèles ou paramétrer des dispositifs pour atteindre les objectifs proposés. Ils sont donc pour partie dirigés, tout en bénéficiant de degrés de liberté. L'enseignant n'intervient alors que sur sollicitation directe ou lorsqu'il constate une incompréhension ou mauvaise voie suivie [Arnous, 2014].

Ce type de travaux peut être mené dans un laboratoire (souvent le cas) ou non (étude et analyse chimique et biologique de la terre dans un champ agricole par exemple) [Mechta, 2012].

3.2 Objectifs des TPs

Les objectifs de TP se résument en :

- Aider les apprenants à développer la connaissance du monde réel et leur compréhension de quelques idées principales, des théories et des modèles que la science utilise pour l'expliquer (consolidation) ;
- Aider les apprenants à apprendre comment utiliser des appareils technologiques et/ou suivre certaines procédures scientifiques (savoir-faire) ;
- Développer, chez l'apprenant, la compréhension de l'approche scientifique d'enquêter ou d'investiguer (sens) [Arnous, 2014].

3.3 Les acteurs principaux dans un environnement de TP

Dans les travaux pratiques, chaque acteur a son rôle. Le TP est réalisé en deux phases : la préparation et le déroulement. Selon ces phases, nous pouvons identifier les acteurs principaux comme suit [Arnous, 2014] :

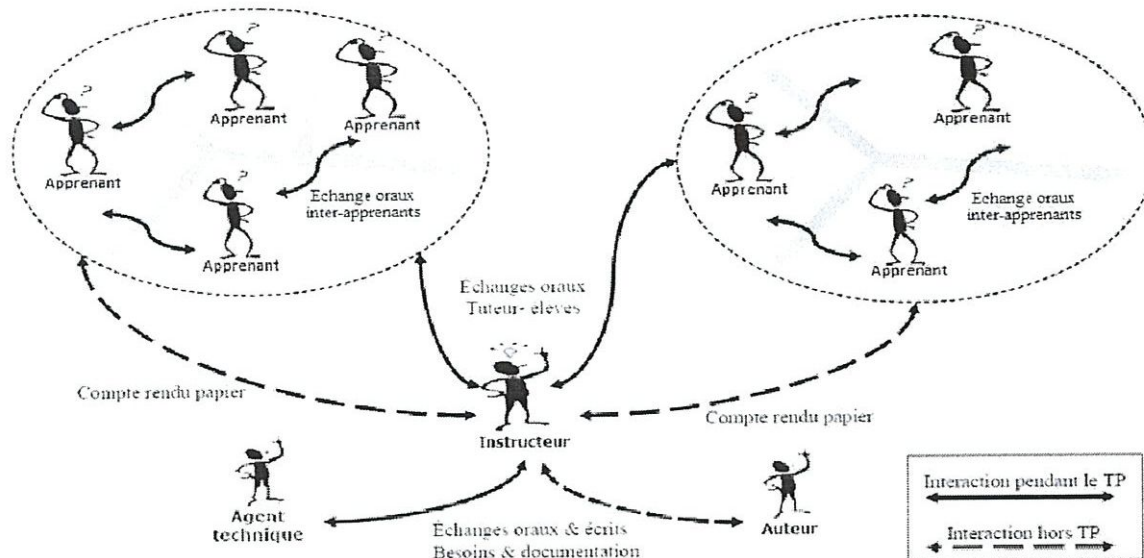


Figure 1: Les différents acteurs et leurs interactions dans un TP en présentiel.

3.3.1 L'auteur

- Identifier les besoins cognitifs.
- Définit les objectifs pédagogiques.

- Recense les ressources techniques à mobiliser lors du TP.
- Propose des scénarios pédagogiques et prépare les documents associés.

3.3.2 Le technicien

- Prépare l'environnement.
- Assure l'entretien et prévention des incidents.
- Intervient en temps réel en cas de panne.

3.3.3 L'instructeur

- Conduire la séance de TP et garantir son bon déroulement pédagogique.
- Garantir de l'atteinte des objectifs pédagogiques fixés.

3.3.4 L'apprenant

Il s'agit d'une ou de plusieurs (cas d'activités coopératives autour du même dispositif) personnes qui suivent les différentes activités proposées de façon plus ou moins préprogrammée.

3.4 Limites des TPs

Les travaux pratiques présentent quelques limitations :

- a) **Le temps** : les tranches horaires sont limitées dans l'emploi du temps et les rotations de TPs peuvent ne pas avoir lieu dans l'ordre le plus approprié pour certains groupes. En outre, les contraintes des emplois du temps font que certains TPs arrivent avant le cours magistral.
- b) **La documentation** : dans le pire des cas, le sujet est donné au moment de la séance et est parfois indispensable en dehors des séances de TP.
- c) **L'équipement** : certains TPs nécessitent des équipements lourds et coûteux que l'on ne peut pas dupliquer [Ramdane, 2011] .

4 Les travaux pratiques collaboratifs à distance « Télé-TPs »

4.1 Définitions

- **Collaborer** : c'est faire un travail de manière collaborative [URL, 2].
- **Le travail collaboratif** : implique qu'un groupe travaille de manière concertée à une production collective dont il est collectivement responsable. C'est typiquement le cas d'une équipe projet ou d'étudiants ayant à réaliser un devoir en groupe.
- **Télé-TPs** : nous donnons deux définitions associées à ce terme :

- Le terme Télé-TP désigne les travaux pratiques à distance. Il s'agit d'un TP classique qui a été éventuellement modifié mais surtout étendu afin d'être accédé à distance. La distance étant un élément central qui implique la dispersion géographique et/ou temporelle des enseignants/tuteurs, apprenants et les instruments de laboratoire [Mechta, 2012].
- Une activité de travaux pratiques en ligne ou télé-TP désigne un TP classique (qu'on peut trouver dans un lycée ou une école d'ingénieurs) qui a été éventuellement modifié mais surtout étendu afin d'être accédé à distance (via Internet, par exemple) [Ramdane, 2011].

4.2 Situation de Télé-TP en e-Learning

Situé en même niveau que les télé-cours, les télé-TDs, les télé-projets, les intranets pédagogiques et les jeux de rôle, les télé-TPs sont considérés comme un pôle pratique du e-Learning comme le montre la figure suivante [Lelevé et al., 2002] :

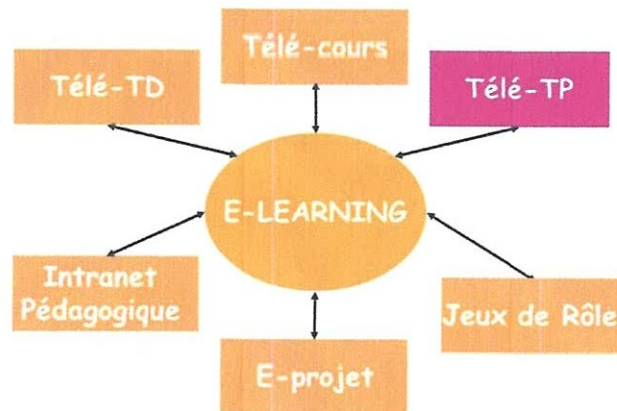


Figure 2: Situation des Télé-TPs en e-Learning.

- **Télé-cours** : c'est le suivi de cours à distance.
- **Télé-TD** : réalisation de travaux dirigés et d'exercices à distance.
- **Télé-projet** : réalisation de projets collectifs et à distance.
- **Intranet pédagogique** : un intranet pédagogique est un réseau local d'ordinateurs constitué d'au moins un serveur Web et d'un ensemble de clients connectés à ces serveurs. Les clients sont munis d'un logiciel de navigation permettant de consulter les documents disponibles sur le ou les serveurs.

4.3 Apports des Télé-TPs

L'apparition des Télé-TP a permis d'envelopper les problèmes rencontrés dans les TP présentiels sur plusieurs plans (économique, pédagogique, etc.) : [Mechta, 2012]

◆ Sur le plan économique

- Le partage d'instruments et d'équipements lourds et coûteux entre institutions.

- L'accès aux instruments d'un « laboratoire » n'importe quand et de n'importe où.

◆ **Sur le plan pédagogique**

- L'illustration de Télé-Cours ou Télé-TD pour des apprenants distants ne pouvant pas accéder à des dispositifs réels.
- L'intégration d'outils (simulateurs, réalité virtuelle, etc.) apportés par les TIC.
- L'ouverture à des utilisateurs autres que la population d'origine : scénarios pédagogiques adaptés à des niveaux scolaires différents (du lycée à l'école d'ingénieur) et même au grand public en dehors des créneaux réservés aux apprenants.
- Les démonstrations mettant en valeur l'équipement et le savoir-faire de l'établissement auprès d'un plus grand public.

4.4 Limites des Télé-TPs

Les Télé-TPs souffrent de plusieurs problèmes qu'il faut s'attacher à résoudre. En effet, la mise à distance d'une manipulation engendre des difficultés en terme de : [Benmohamed, 2007]

- **Commandabilité** : à distance, on ne peut plus directement agir sur le système qu'à travers un clavier, une souris, L'utilisation de techniques plus avancées telles que celles utilisées dans la réalité virtuelle peut résoudre en partie ce problème.
- **Observabilité** : l'observation sensorielle du système piloté et de son environnement est également dégradée. Il est difficile de représenter à distance les éléments d'un dispositif technologique par exemple avec la même facilité qu'en local.
- **Sécurité** : Il y a deux niveaux de sécurité. Le premier niveau est la sécurité du système informatique gérant les manipulations, donc il faut une bonne expertise en sécurité informatique (diagnostic de failles, détection d'intrusions, installation de pare-feu, ...) pour éviter un usage malveillant de systèmes réels. Le deuxième niveau est la sécurité du matériel.

5 Quelques travaux sur les Télé-TPs

5.1 Le projet PEARL (Open University)

PEARL est un projet réalisé à l'Open University (Angleterre) visant le développement d'un système permettant des expérimentations réelles à distance dans un contexte d'e-learning où les apprenants seront capables de :

- Interagir avec l'expérimentation à distance, changer des paramètres et dans certains cas modifier et remodeler les expérimentations.
- Discuter de leurs actions, leurs prévisions, observer et analyser les résultats à travers des outils de communication/collaboration embarqués dans le système PEARL [Ramdane, 2011].

5.2 La robotique pédagogique au LIUM

La robotique pédagogique au LIUM est un projet de recherche et développement visant le développement d'environnements d'apprentissage avec ordinateur s'appuyant sur la conception, la construction et le pilotage de micro-robots pédagogiques. Ces micro-robots pédagogiques sont des objets techniques physiques qui sont une réduction aussi voisine et significative que possible des procédés et machines automatisées réellement utilisés en milieu industriel [Cooper et al., 2002b].

5.3 Un méta-modèle pour les télé-TPs

C'est un projet visant la modélisation d'un télé-TP. Les objectifs scientifiques derrière cette recherche est de réunir tous les outils scientifiques utiles à la modélisation d'un télé-TP : [Lelevé et al., 2002]

- Expression des besoins
- Énonciation des objectifs
- Définition des contenus pédagogiques et des environnements afin de définir un noyau générique, proposant une architecture informatique
- Une méthode de mise à distance de TP
- Un appui pédagogique et un environnement flexible d'animation à distance.

6 Conclusion

Les Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication ont donné vie à un autre type d'activités pédagogiques permettant des TéléTPs. Cette dimension pratique de l'enseignement à distance est incontournable, notamment dans les disciplines scientifiques et techniques.

Ce chapitre a été consacré à la définition de notre contexte d'étude : les travaux pratiques collaboratifs à distance. Ces derniers s'effectuent par des groupes d'apprenants. L'organisation aussi que les méthodes de regroupement feront l'objet du chapitre suivant.

Les groupes de travail dans les environnements d'apprentissage humain

1 Introduction

Dans l'apprentissage traditionnel (en classe), les interactions entre l'apprenant et son enseignant sont multiples à travers les supports pédagogiques, les gestes et les paroles. L'enseignant peut, suivant ses observations, modifier le déroulement de son parcours pour l'adapter aux différents profils de ses apprenants.

La collaboration entre les apprenants permet d'améliorer les différents niveaux des apprenants. Ces apprenants peuvent être regroupés dans des groupes afin d'atteindre leurs objectifs pédagogiques. En outre, il existe plusieurs méthodes ou techniques de regroupement des apprenants.

Dans ce chapitre, nous donnons quelques méthodes de regroupement des apprenants avec les avantages et les inconvénients de chaque méthode. Puis, nous citons quelques travaux utilisant le regroupement des apprenants.

2 Méthodes de regroupement des apprenants

Composer des apprenants dans des groupes de travail représente une tâche complexe car différents facteurs peuvent être pris en considération : la personnalité, les compétences, le sexe, l'amitié... [URL, 3]. Cette partie présente les différentes manières de constituer les

groupes, les objectifs visés ainsi que les avantages et inconvénients de chacune de ces modalités de groupement [URL, 3].

2.1 Qu'est-ce qu'un groupe ?

Le groupe n'est pas un concept flou. Il est défini par les recherches psychologiques comme une entité collective complexe et dynamique dont l'activité est régie par des principes de fonctionnement.

Un groupe n'est pas un simple regroupement d'individus puisque d'autres conditions doivent être réunies pour que des personnes constituent un groupe. Dans ce sens, un groupe est défini principalement par sa taille, par la relation qui s'établit entre les individus et par le but qui les rassemble [Henri & Lundgren-Cayrol, 2001].

2.2 La taille du groupe

Les petits groupes, dont le nombre n'excède pas 12, et les grands groupes, qui peuvent réunir une trentaine de personnes et même un peu plus, ne fonctionnent pas de la même manière.

Pour être efficaces, les grands groupes sont parfois divisés en sous-groupes. On veut aussi rendre la communication plus facile, encourager le partage, favoriser le développement de solides relations et stimuler l'interdépendance.

2.3 Les bases d'un modèle de collaboration pour les groupes d'apprenants

Le groupe est une entité vivante qui naît, croît, atteint une raison et s'éteint. La collaboration exige en outre l'utilisation des méthodes de gestion pour coordonner l'activité des apprenants tout en respectant leur choix. La collaboration est donc faite de : [Henri & Lundgren-Cayrol, 2001]

- **Communication** : pour alimenter la réflexion sur l'objet de la collaboration, pour réaliser des tâches et pour tisser des relations.
- **Engagement** : pour assurer une contribution cognitive et sociale significative, pour se mettre au service du groupe et pour mobiliser les efforts en vue de la réussite.
- **Coordination** : pour optimiser l'efficacité de l'activité du groupe.

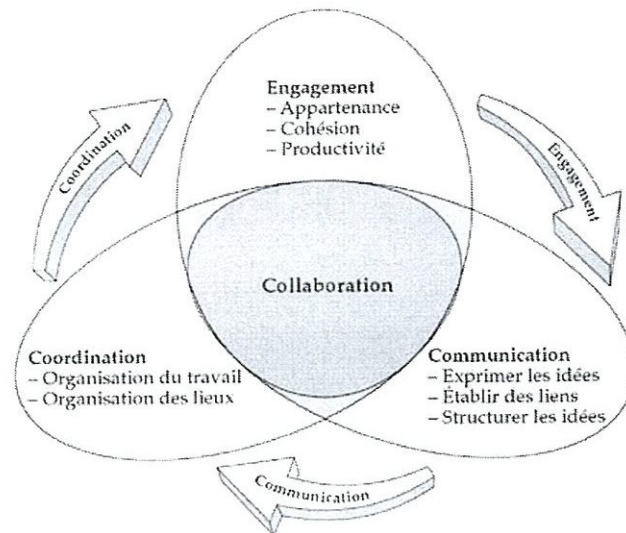


Figure 3: Composant de base de la dynamique de collaboration

2.4 Méthodes de regroupement

Les regroupements des apprenants peuvent s'effectuer d'après [Frayssinhes, 2011] :

2.4.1 Au hasard :

Les regroupements au hasard habituent les apprenants à travailler avec des personnalités différentes, reproduisant ainsi le travail en société, où l'on choisit rarement ses collègues ou coéquipiers.

Ce type de regroupement permet à l'apprenant d'acquérir des habiletés sociales telles que la tolérance, le respect et la valorisation des différences.

2.4.2 Par affinité :

Il peut être important, quelquefois, de laisser les apprenants eux-mêmes se regrouper à leur guise. Cela peut produire une plus grande confiance et d'avantage de complicité dans les échanges et permettre un rendu du travail plus satisfaisant.

2.4.3 Par champs d'intérêt :

On laisse les apprenants libres de choisir un sujet ou un thème qui les intéresse ou bien on leur demande de choisir parmi des activités proposées, celles qu'ils veulent préparer, et on les regroupe selon l'activité choisie. On peut, également placer les apprenants en équipes pour ensuite les inviter à choisir ensemble l'activité à préparer. Ces deux types de regroupement permettent d'atteindre des objectifs différents. Le premier respecte les goûts des apprenants et suscite leur motivation et leur engagement. Le second permet d'apprendre à faire des concessions et développe la pratique du consensus, qui fait partie des habiletés de haut niveau.

2.4.4 Fait par l'enseignant :

Le formateur/tuteur/facilitateur se réserve le droit de former les équipes. Cette règle de fonctionnement en apprentissage coopératif doit être connue des apprenants et doit leur être expliquée. En effet, ils doivent savoir que, pour certaines activités, il est souhaitable de se regrouper soit au hasard, soit par affinité ou par champs d'intérêt. Pour d'autres tâches, c'est plutôt l'enseignant qui détermine la composition des équipes. On informe donc les apprenants que, pour des activités particulières, l'enseignant considérera les forces de chaque individu afin de constituer des équipes efficaces et productives.

2.4.5 Homogène :

Il s'agit d'assigner les apprenants à des groupes sur la base de leurs habiletés cognitives ou de leurs résultats scolaires afin de faciliter l'enseignement et de favoriser l'apprentissage des apprenants sans influencer leur développement social ou émotionnel [Fortin et al., 2011].

2.4.6 Hétérogène :

Le regroupement hétérogène est la pratique par laquelle les apprenants sont regroupés pour refléter toute l'étendue des habiletés d'une même cohorte [Fortin et al., 2011].

2.5 Avantages et inconvénients de chaque méthode de regroupement

On va présenter dans le *tableau* suivant les avantages et les inconvénients de chacune des méthodes de regroupement des apprenants les plus utilisées cités par [URL, 3]:

Critères de formation	Objectifs	Avantages	Inconvénients
L'hétérogénéité	Changer les représentations concernant le « statut » des apprenants. Permettre à chacun de participer en apportant ses compétences.	Si la tâche est complexe l'hétérogénéité permet des approches différentes.	Une trop grande hétérogénéité de compétence dans un groupe peut provoquer un sous-groupe d'apprenants «compétents».
L'homogénéité	Regrouper des élèves ayant des « besoins » identiques ou des compétences communes	Approfondir un domaine spécifique, un cours...	Créer des « séparations ». Réduire les attentes à l'égard des groupes faibles.
L'amitié	Réunir des élèves qui s'entendent bien	Cohérence du groupe. Bon fonctionnement.	Risque d'exclusion de certains apprenants.

Critères de formation	Objectifs	Avantages	Inconvénients
L'intérêt	Réunir des apprenants partageant des intérêts communs.	Permet de faire étudier des sujets qui ne concernent pas toute la classe.	
La proximité	Rapidité de constitution des groupes pour des activités de courte durée : remue-méninges, révisions...	Tous les apprenants sont intégrés. Hétérogénéité des groupes.	Les échanges et la cohésion du groupe peuvent être moins aisés
Le hasard	Permettre aux élèves de découvrir d'autres camarades sur des activités ponctuelles et de courte durée : remue-méninges, révisions...	Les membres ne se choisissent pas ; il n'y a donc pas d'exclus.	Les échanges et la cohésion du groupe peuvent être moins aisés si les apprenants n'ont pas l'habitude de travailler ensemble.

Tableau 1: Les avantages et les inconvénients des méthodes de regroupement.

3 La dynamique des groupes

Un groupe est en effet autre chose que la somme des parties qui le composent. Il a ses propres règles de fonctionnement qui dépendent d'un certain nombre de raisons rationnelles ou objectives (l'objectif poursuivi, la nature de la tâche, les conditions matérielles du travail...) et de raisons informelles, psychologiques, sociales et affectives qui déterminent les comportements des individus les uns par rapport aux autres [Roethlisberger & Dickinson, 1939].

3.1 Les caractéristiques des groupes

La structure informelle qui détermine le fonctionnement des groupes s'illustre à travers un certain nombre de caractéristiques [Mucchielli, 1973] :

3.1.1 Les interactions

Elles définissent l'ensemble des échanges que les membres du groupe ont entre eux. Ces échanges ne sont pas simplement la confrontation d'expressions personnelles, reflet d'une pensée intime de l'individu. Ils sont en effet, au moins partiellement, influencés par les normes du groupe, les attitudes, les propos et les réactions des autres.

3.1.2 L'émergence de normes

Ce sont les « règles » que va se donner le groupe. Elles déterminent, la plupart du temps de façon implicite, le fonctionnement du groupe.

3.1.3 L'existence de buts collectifs communs

C'est le ciment du groupe, sa raison d'être. En classe ce peut être le projet de « vie » (la façon dont on s'organise pour vivre et apprendre ensemble) ou un projet d'activité.

3.1.4 L'existence d'émotion et de sentiment collectifs

Cette caractéristique engage des actions entre les éléments du groupe, elle peut aussi créer des réactions collectives entre eux.

3.1.5 L'émergence d'une structure informelle

Elle correspond à l'organisation que le groupe va se donner à partir de la répartition des sympathies et des antipathies, de la personnalité des membres, de la naissance de clivages, de sous groupes.

3.2 L'organisation intérieure des groupes

L'affectivité à l'intérieur d'un groupe tisse progressivement, les relations des membres entre eux et le système de relation ainsi établi va induire aussi bien les attitudes des membres à l'égard des uns et des autres que les « perceptions » qu'ils ont les uns des autres. Cette structure de relation devient une réalité, c'est-à-dire qu'elle détermine pour chaque membre du groupe :

- La manière dont il vit le groupe et ses membres ;
- La manière dont il vit sa « situation » dans le groupe ;
- La manière dont il perçoit les autres, et la distance « sociale » qu'il éprouve plus ou moins à l'égard de chacun ;
- La manière dont il est perçu par les autres [URL, 4].

4 Quelques travaux sur les regroupements des apprenants

4.1 Frenchonline

French online [**Frenchonline**] est un projet d'enseignement du français à distance par les TICE (Technologies d'Information et de Communication pour l'Enseignement). Conjointement initié par l'ambassade de France au Pakistan et l'Alliance Française d'Islamabad, il vient comme une réponse à la forte demande pour le français. Le contexte politique et la position de la France sur l'échiquier international, notamment sur la question iraquienne ou du Proche-Orient, ont conféré un prestige particulier à la langue française,

suscitant ainsi un intérêt grandissant pour l'apprentissage du français au Pakistan [Sananes, 2006].

4.1.1 Dispositif Frenchonline

Le dispositif « Frenchonline » offre cinq niveaux d'apprentissage et dispose de 30 modules correspondant aux niveaux débutants et intermédiaires. Chaque module se compose de sections ou séquences, et comporte diverses activités, tâches ou scénarios.

4.1.2 Regroupement

L'apprenant est censé terminer un module dans une durée de deux semaines, à l'issue desquelles un regroupement en présence du tuteur est organisé pendant deux heures. Le regroupement est centré sur les activités orales en situation d'interaction et de communication. Les regroupements sont planifiés par l'institution qui offre le programme, et se charge des envois du courrier, des emplois du temps, des dates des examens, etc.

4.2 LEARN-NETT

Le projet LEARN-NETT vise à expérimenter des modalités d'introduction de l'Enseignement Ouvert et à Distance (EOD) au sein de formations s'adressant à de futurs enseignants (agrégation et licence en sciences de l'éducation) [Charlier et al., 2000].

4.2.1 Dispositif

Le dispositif technique et pédagogique de LEARN-NETT est basé sur l'articulation et la complémentarité entre la présence et la distance. Les étudiants sont encadrés à la fois localement par des animateurs au sein de leur université et à distance par des tuteurs au sein de leur groupe de travail [Charlier et al., 2000].

4.2.2 Objectifs

Le projet LEARN-NETT a pour objectif de :

- Faciliter le déplacement dans le campus.
- Donner accès aux informations à la communauté LEARN-NETT
- Permettre la communication synchrone et asynchrone entre les groupes.
- Favoriser le partage des ressources pédagogiques [Charlier et al., 2000].

5 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté quelques méthodes de regroupement des apprenants en mode d'apprentissage avec leurs avantages et inconvénients, la dynamique de groupe et on a fini par présenter quelques plates-formes qui utilisent le regroupement des apprenants dans l'enseignement à distance comme « Frenchonline » et « LEARN-NETT ».

L'objectif principal de notre travail est de réaliser un générateur des groupes d'apprenants avec un adaptateur qui définit la méthode de regroupement la plus performante pour chaque apprenant et c'est l'objectif du chapitre suivant.

Algorithmes génétiques et systèmes e-Learning

1 Introduction

Les algorithmes génétiques appartiennent à la famille des algorithmes évolutionnistes, leur but est d'obtenir une solution approchée à un problème d'optimisation, lorsqu'il n'existe pas de méthode exacte (ou que la solution est inconnue) pour le résoudre en un temps raisonnable. Les algorithmes génétiques utilisent la notion de sélection naturelle et l'appliquent à une population de solutions potentielles au problème donné [Angélica et al., 2015].

Les algorithmes génétiques sont utilisés dans plusieurs domaines, parmi ces domaines, le e-Learning. L'objectif de ce chapitre est de présenter les principes des algorithmes génétiques et leur application dans le domaine de l'apprentissage humain.

2 Algorithme génétique

Le cycle décrit par la *figure 4*, est inspiré de la terminologie génétique. Lors de chaque cycle, une nouvelle génération de solutions du problème est produite. Avant d'exécuter ce cycle, une population initiale de solutions admissible doit être fournie. Chaque individu (solution) de la population est codé sous forme d'une chaîne de caractères (chromosome) afin d'être manipulé par les opérateurs génétiques. L'étape suivante consiste à évaluer la qualité de chaque chromosome à l'aide de la fonction d'évaluation : *fitness*. En se basant sur les *fitness* des chromosomes, un mécanisme de sélection permet de garder les individus les plus adaptés pour être manipulés par les opérateurs génétiques (croisement et mutation) et ensuite créer

une nouvelle génération. Les étapes d'évaluation et de sélection constituent le processus de reproduction.

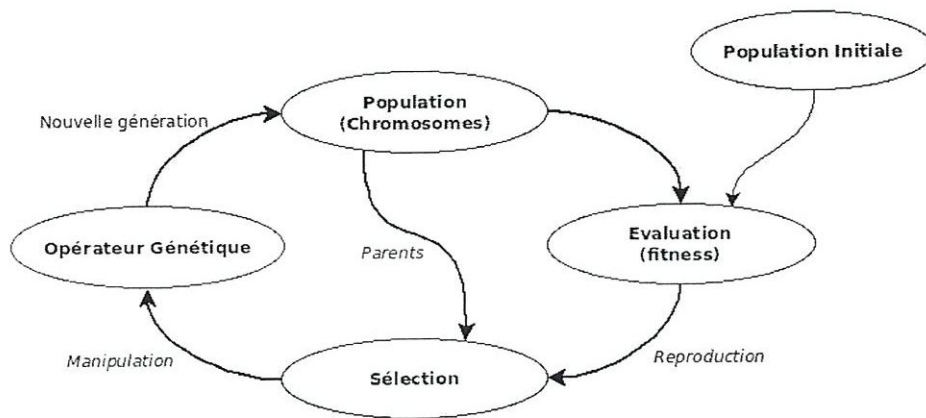


Figure 4: Cycle génétique.

Les algorithmes évolutionnaires constituent une approche originale : il ne s'agit pas de trouver une solution analytique exacte, ou une bonne approximation numérique, mais de trouver des solutions satisfaisant au mieux à différents critères. S'ils ne permettent pas de trouver à coup sûr la solution optimale de l'espace de recherche, du moins peut-on constater que les solutions fournies sont généralement meilleures que celles obtenues par des méthodes plus classiques, pour un même temps de calcul [Souquet & Radet, 2004].

Un algorithme génétique recherche le ou les extrema d'une fonction définie sur un espace de données. Pour l'utiliser, on doit disposer des cinq éléments suivants [Chouchani, 2010] :

1. Le codage d'un élément de population : une fonction qui permet de modéliser les données du problème réel dans des données utilisables par l'algorithme génétique.
2. Une fonction pour générer la population initiale : la génération de la population initiale est importante puisque cette génération représente le point de départ de l'algorithme et son choix influe sur la rapidité et l'optimalité de la solution finale.
3. Une fonction à optimiser (la fonction objective) : une fonction qui retourne une valeur d'adaptation pour chaque individu. Cette valeur permet de déterminer la solution pertinente puisque le problème se restreint à chercher le groupe d'individus qui ont les valeurs optimums.
4. Des opérateurs qui permettent d'évoluer d'une population à une autre tout en améliorant la fonction objective. L'opérateur de croisement recompose les gènes d'individus existant dans la population, alors que l'opérateur de mutation a pour but de garantir l'exploration de l'espace d'états.
5. Des paramètres de dimensionnement : taille de la population, nombre total de générations (critère d'arrêt), probabilités d'application des opérateurs de croisement et de mutation, etc.

3 Codage

Le premier pas dans l'implantation des algorithmes génétiques est de créer une population d'individus initiaux. En effet, les algorithmes génétiques agissent sur une population d'individus, et non pas sur un individu isolé. Par analogie avec la biologie, chaque individu de la population est codé par un chromosome ou génotype [Holland, 1975]. Une population est donc un ensemble de chromosomes. Chaque chromosome code un point de l'espace de recherche. L'efficacité de l'algorithme génétique va donc dépendre du choix du codage d'un chromosome. Les codages binaires ont été très utilisés à l'origine, les codages réels sont désormais largement utilisés, notamment dans les domaines applicatifs pour l'optimisation de problèmes à variables réelles.

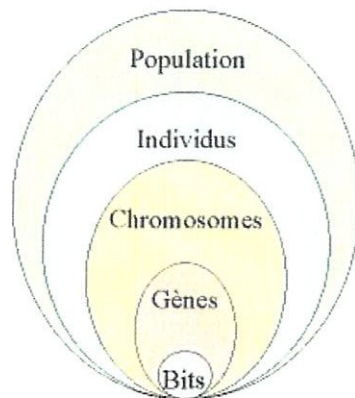


Figure 5: Les cinq niveaux d'organisation d'un algorithme génétique [Chouchani, 2010]

4 Fonction d'évaluation (ou fonction de fitness)

La fonction de performance - qu'on appelle aussi fonction d'adaptation, fonction objectif ou *fonction de fitness* - associe une valeur de performance à chaque individu ce qui offre la possibilité de le comparer à d'autres individus et permet à l'algorithme génétique de déterminer qu'un individu sera sélectionné pour être reproduit ou pour déterminer s'il sera remplacé [Chouchani, 2010].

5 Déroulement d'un algorithme génétique

Le déroulement d'un algorithme génétique peut être découpé en cinq parties [Thomas & Murat, 2004] :

1. Génération d'une population initiale,
2. L'évaluation des individus,
3. Sélection des meilleurs individus,
4. Croisement, mutation et insertion des nouveaux individus dans la population actuelle,
5. Répétition du processus

5.1 Génération de la population initiale

Pour démarrer un algorithme génétique, il faut lui fournir une population à faire évoluer. La manière dont on crée chacun des individus de cette population est entièrement libre, il suffit que tous les individus créés soient **de la forme d'une solution potentielle**, et il n'est nullement besoin de songer à créer des bons individus. Ils doivent juste rentrer dans le 'moule' du problème posé.

5.2 Évaluation des individus

Une fois que la population initiale a été créée, nous allons en sortir les individus les plus prometteurs, ceux qui vont participer à l'amélioration de notre population. Nous allons donc attribuer une 'note' ou un indice de qualité à chacun de nos individus, que l'on appelle une fonction d'évaluation (ou fitness en anglais). La méthode d'évaluation des individus dépend du problème à résoudre, et ainsi laissée au programmeur de la définir et à optimiser.

5.3 Sélection

Elle consiste à choisir les meilleurs individus (qui doivent survivre) et à éliminer les autres. Le pourcentage des individus à choisir est un paramètre de l'approche. Une solution est meilleure (un individu est meilleur qu'un autre) si elle est plus adaptée à l'environnement.

Il est tout à fait possible de choisir des individus au hasard et de les mélanger aléatoirement pour créer de nouveaux individus. Nous donnons quelques unes de méthodes de sélections les plus utilisées : la sélection par roulette (proportionnelle), la sélection par rang et l'élitisme.

5.3.1 Sélection par roulette

Avec cette méthode chaque individu a une chance d'être sélectionné proportionnellement à sa performance, donc plus les individus sont adaptés au problème, plus ils ont de chances d'être sélectionnés [Souquet & Radet, 2004]. Ce type de sélection s'inspire des roues de loterie, à chacun des individus de la population est associé un secteur d'une roue, l'angle du secteur étant proportionnel à la qualité de l'individu qu'il représente. Vous tournez la roue et vous obtenez un individu. Les tirages des individus sont ainsi pondérés par leur qualité. Et presque logiquement, les meilleurs individus ont plus de chance d'être choisis et de participer à l'amélioration de la population [Thomas, 2004].

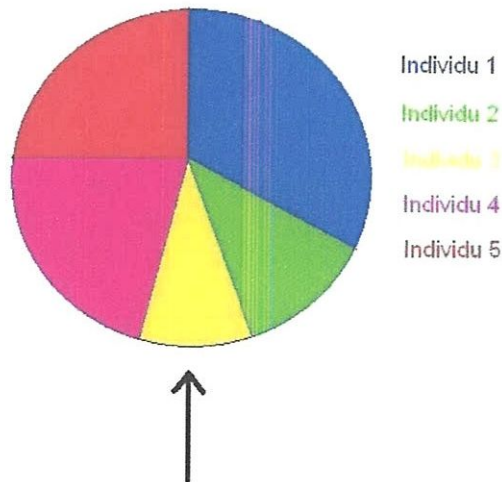


Figure 6: Sélection par roulette.

5.3.2 La sélection par rang

La sélection par rang est une variante du système de roulette. Il s'agit également d'implémenter une roulette, mais cette fois-ci les secteurs de la roue ne sont plus proportionnels à la qualité des individus, mais à leur rang dans la population triée en fonction de la qualité des individus. Il faut trier la population en fonction de la qualité des individus puis leur attribuer à chacun un rang, les individus de moins bonne qualité obtiennent un rang faible (à partir de 1), et ainsi en itérant sur chaque individu on finit par attribuer le rang N au meilleur individu (où N est la taille de la population). Ensuite on effectue une sélection par roulette basée sur les rangs des individus où l'angle de chaque secteur de la roue sera proportionnel au rang de l'individu [Haj-Rachid et al., 2010].

5.3.3 L'élitisme

Cette méthode consiste à sélectionner les n individus dont on a besoin pour la nouvelle génération P' en prenant les n meilleurs individus de la population P après l'avoir triée de manière décroissante selon la fitness de ses individus. Pour créer les chromosomes de la nouvelle population, on fait appel aux mécanismes de croisement et de mutation [Souquet & Radet, 2004].

5.4 Croisement et mutation

5.4.1 Croisement

L'opération de croisement (*crossover*) est une opération de reproduction qui permet l'échange d'information entre les chromosomes (individus). Il utilise deux parents pour former un ou deux enfants. Les deux parents sont choisis par l'opération de sélection. Le croisement permet l'innovation (les enfants sont différents de leurs parents) et repose sur l'idée que deux parents performants produiront des enfants plus performants [Chouchani, 2010].

Il existe plusieurs variantes de cet opérateur, mais en général il consiste à couper en un ou plusieurs points deux individus (aux mêmes endroits dans les deux individus) et à échanger les parties situées entre ces points, ces derniers sont générés aléatoirement. Une autre variante est le croisement uniforme qui utilise une chaîne de bits générée aléatoirement et de même longueur que les individus appelée "Masque". Les gènes des individus initiaux sont échangés en fonction de cette chaîne aléatoire, lorsque le bit correspondant vaut 1. Le croisement uniforme de permutations a les avantages de la simplicité et d'une bonne efficacité [Lassouaoui & Nouali, 2004].

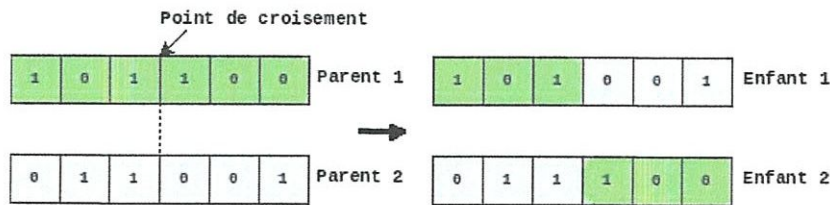


Figure 7: Croisement avec un point de croisement.

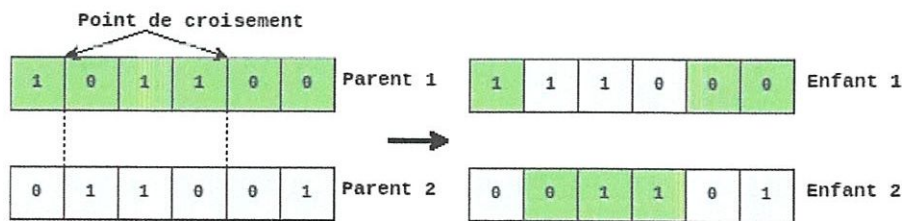


Figure 8: Croisement avec deux points de croisement.

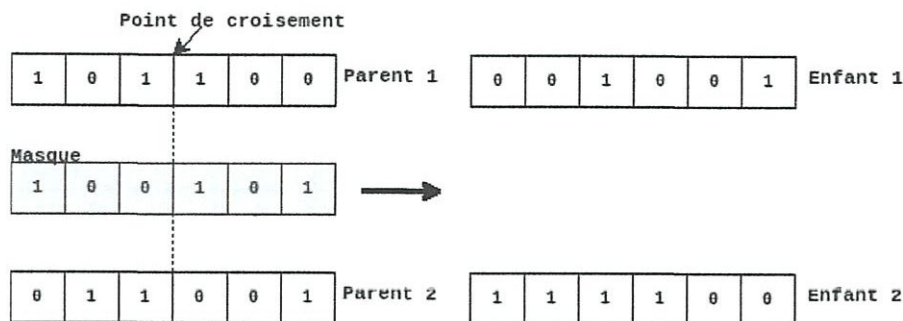


Figure 9: Croisement uniforme.

5.4.2 Mutation

Le rôle de cet opérateur est de modifier aléatoirement, avec une certaine probabilité, la valeur d'un composant de l'individu. La figure 10 présente un exemple de mutation de chromosome tel que le gène (6) est retiré aléatoirement et est remplacé par le gène (12). La mutation est un phénomène rare mais permet d'explorer de nouvelles zones dans l'espace de

recherche et aide l'algorithme génétique à possiblement aller vers une solution optimale globale, sans resté pris dans une solution optimale locale [Chouchani, 2010].

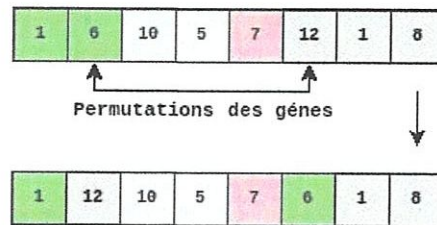


Figure 10: L'opération de mutation.

Cet opérateur agit sur un individu, chaque composant d'un individu a une probabilité pour qu'il subisse une mutation, notée P_m [Souquet & Radet, 2004].

La mutation se fait comme suit :

Pour chaque bit de l'individu

Générer un réel aléatoire r , $r \in [0,1]$

Si $r < P_m$ **alors**

Le bit sera inversé.

Fin Si

Fin Pour.

Une fois les nouveaux individus sont générés, on les insère dans la population des individus.

5.5 Réitération du processus et critère d'arrêt

Les étapes d'évaluation reproduction/sélection sont appliquées d'une manière itérative sur la population jusqu'à satisfaction d'une condition Fin ; cette condition est soit un nombre maximum de générations, soit une valeur de fitness minimale, soit une convergence vers la meilleure solution.

Au cours de son évaluation, la population tend à converger, c'est-à-dire que les individus tendent à se ressembler de plus en plus. Quand la population s'est uniformisée en grande partie, les individus fournissent une bonne approximation d'un optimum du problème. Si cet optimum n'est pas toujours l'optimum global, c'est généralement un optimum local proche (en qualité) de celui-ci.

6 E-Learning adaptatif

Dans le domaine du e-learning, la question qui a été posée est la suivante: « Comment peut-on avoir une formation adaptative sans avoir à restructurer ses cours ? » d'une autre

manière « Peut-on partir des systèmes e-learning ordinaires qui effectuent la distribution du contenu à un système plus intelligent qui prend en compte le profil de l'apprenant pour une formation plus adaptée selon l'objectif pédagogique visé ? Peut-on réutiliser les ressources et permettre une formation adaptée ? ». Cette question a mené l'ajout d'une couche d'adaptation à la plate-forme du e-Learning afin de guider l'apprenant lorsqu'il consulte ces cours, et l'adaptation des cours doit aussi lui permettre de mieux comprendre ses démarches d'apprentissage et ainsi de pouvoir s'auto-évaluer. L'e-learning adaptatif va donc pouvoir aider l'apprenant à être plus autonome, à avoir une meilleure compréhension d'un cours mais aussi de mieux appréhender et gérer sa façon d'apprendre [Azough, 2014].

Plusieurs travaux ont été effectués afin de répondre à ce besoin, parmi eux on cite le travail de [Azough, 2014] qui a conçu un système du e-learning adaptatif basé sur la modélisation de la description des ressources pédagogiques pour pouvoir proposer à l'apprenant le parcours le plus adapté à son profil en utilisant des algorithmes d'optimisation. Il a utilisé les algorithmes génétiques pour fournir à un étudiant ayant un profil donné le chemin optimal pour atteindre un objectif pédagogique prédéfini. La recherche du parcours adapté est transformée en un problème d'optimisation de recherche du chemin optimal d'aller d'un point de départ (profil de l'apprenant) à un point final (objectif pédagogique) en passant par des points intermédiaires (cours).

7 Regroupement par algorithmes génétiques

Plusieurs travaux ont été effectués afin d'exploiter la puissance des algorithmes génétiques afin d'optimiser le regroupement, parmi eux on peut citer les travaux suivants.

Ani et ses collègues [Ani et al., 2010] ont proposé une méthode formation de groupes basée sur les algorithmes génétiques, afin d'avoir des groupes de programmeurs qui travaillent sur des projets IT (Information Technology) et plus précisément le développement de logiciels. L'objectif était donc de former des groupes homogènes en terme de capacité en programmation. Les auteurs ont basé sur le critère de capacité en programmation comme critère de fitness. Les groupes résultants sont des groupes qui comportent des bons programmeurs avec d'autres mauvais et ceci d'une façon équilibrée.

Un autre travail est celui de [Mahdi et al., 2012] qui a introduit un algorithme génétique multicritères sans limitation au nombre de caractéristiques à prendre en considération. Les auteurs ont introduit une notion de priorité sur certains critères d'une façon à prioriser des critères sur des autres. Ils réclament que l'amélioration la plus importante est la création des groupes inter et intra homogènes en même temps.

Angélica et ses co-auteurs [Angélica et al., 2015] ont présenté un travail très similaire à celui de [Mahdi et al., 2012] mais avec un comportement très dynamique vu que les valeurs des différents caractéristiques sont obtenues par un ensemble de tests obtenus directement à partir de l'apprenant. Les valeurs des différents paramètres ont une variété de valeurs ce qui rend le problème en un problème combinatoire difficile à résoudre par des méthodes classiques.

Hui-Wen et ses collègues [Hui-Wen et al., 2015] ont proposé une méthode de regroupement qui consiste à une adaptation d'un algorithme génétique avec une technique

dite TOPSIS « Technique for Order Performance by Similarity to Ideal Solution » pour créer des groupes avec une meilleure inter/intra-homogénéité. L'idée derrière cette technique est de construire des groupes en se basant sur une solution idéale. Une pré-codification est effectuée pour assurer l'intra-homogénéité des groupes.

Rong-Chang et ses collègues [Rong-Chang et al., 2012] ont proposé une implémentation d'un algorithme génétique afin d'optimiser le regroupement des apprenants en considérant leurs préférences. L'objectif alors est de satisfaire au maximum les choix des différents apprenants. En premier lieu, chaque apprenant doit fournir ses préférences sur les apprenants qu'il veut collaborer avec. Ces préférences sont organisées sous forme d'index, où chaque indice représente un choix particulier de l'apprenant, et l'algorithme génétique doit par la suite organiser les groupes.

Julian et ses co-auteurs [Julian et al., 2012] ont proposé une méthode de formation des groupes basée sur les algorithmes génétiques pour résoudre le problème de regroupement. Les auteurs ont pris en compte un nombre arbitraire de caractéristiques des apprenants. Pour ce faire, les auteurs ont formalisé le problème en un problème d'optimisation multi-objectifs dans un scénario combinatoire, où chaque objectif consiste à atteindre le niveau de similarité le plus élevé possible à l'égard de chaque caractéristique d'un apprenant entre la moyenne de chaque groupe et la moyenne du total l'échantillon des apprenants. La façon de résoudre un tel problème d'optimisation est d'utiliser une recherche exhaustive, mais, comme le montre les auteurs, cette approche n'est pas toujours possible en fonction du nombre d'étudiants et de groupes. Dans ces cas, les méthodes de recherche heuristique peuvent être une bonne alternative car même si elles ne garantissent pas une solution optimale, elles essaient d'en trouver une satisfaisante, avec des efforts de calcul beaucoup plus faibles, c'est le cas des algorithmes génétiques.

D'autres études présentées dans [Craft & Bekele, 2006], [Hwang et al., 2008] et [Lin et al., 2010] mettent l'accent seulement sur deux caractéristiques afin de grouper les apprenants. La première utilise une approche dite « Particle Swarm Optimisation » et elle considère le niveau cognitif et les objectifs des apprenants à atteindre. La seconde utilise une approche améliorée basée sur les algorithmes génétiques et se base sur les concepts déjà connus dans certains domaines d'apprentissage, et des scores d'un pré-test (bien que les auteurs mentionnent que d'autres caractéristiques pourraient être considérées mais en faisant quelques modifications). La troisième étude considère le rendement des apprenants en général et une estimation de leurs traits de personnalité. [Wang et al., 2007] met l'accent sur les trois caractéristiques qui se réfèrent à trois styles de pensée particuliers. Une étude présentée par [Bekele, 2005] considère un plus grand nombre de caractéristiques: le sexe, la capacité de travailler en groupe, la motivation, la confiance en soi, la timidité, l'anglais et le rendement en mathématiques. Elle utilise un modèle d'espace vectoriel, expérimenté avec trois algorithmes différents pour composer des groupes.

8 Conclusion

Dans ce chapitre, on a présenté brièvement les principaux concepts des algorithmes génétiques, leurs utilisation dans le domaine du e-learning en général, et en particulier dans la résolution des problèmes de regroupement des apprenants. On a vu aussi que plusieurs méthodes de regroupement à base des algorithmes génétiques ont vu le jour. Le prochain chapitre sera dédié à la conception de notre approche, on va détailler l'implémentation de notre algorithme génétique ainsi que les différents modules qui composent notre système.

Conception du système

1 Introduction

Dans les chapitres précédents, nous avons donné une idée générale sur le domaine du e-Learning, les travaux pratiques collaboratifs à distance avec les différentes méthodes de regroupement utilisées pour former des groupes d'apprentissage, ainsi que l'utilisation des algorithmes génétiques dans ce domaine et en particulier l'opération de regroupement des apprenants.

Dans ce chapitre, nous allons détailler le sujet de notre présent mémoire, qui consiste à proposer une architecture d'un système de regroupement dynamique adaptatif. Ce dernier est basé sur les orientations sociales des apprenants, afin de construire des groupes qui répondent au maximum aux besoins des apprenants en respectant leurs préférences sur les différentes méthodes de regroupement implémentées dans le système.

2 Objectifs du système

Notre objectif est de construire une plate-forme e-Learning pour la réalisation des travaux pratiques collaboratifs. Ces derniers doivent être effectués en groupes. Plusieurs méthodes de formation de groupes existent déjà comme il a été montré dans le chapitre 2, où chacune a ses avantages et ses inconvénients. Notre idée est de ne pas exiger une telle méthode pour faire le regroupement, mais plutôt de permettre aux apprenants de contribuer à choisir la meilleure méthode qu'ils conviennent. Afin de choisir la meilleure méthode, en premier lieu et au fur et à mesure un nouveau TP est annoncé par un enseignant, chaque apprenant doit fournir son avis sur la méthode choisie par l'enseignant, cet avis reflète sa satisfaction sur la méthode

de regroupement. Par la suite, ces avis sont utilisés pour choisir automatiquement et dynamiquement la/les méthode(s) qui répond(ent) aux préférences des apprenants.

3 Architecture proposée

Pour atteindre l'objectif visé, nous proposons une architecture composée de plusieurs modules (*figure 11*), deux principaux et trois autres complémentaires. Les modules principaux sont les suivants :

- 1) **Un module de regroupement** : basé sur les algorithmes génétiques, qui a comme rôle principal de créer des groupes d'apprentissage selon des paramètres calculés au préalable.
- 2) **Un adaptateur social** : qui permet d'alimenter le module précédent par les différents paramètres requis pour son fonctionnement. Ces paramètres consistent au taux de satisfaction global des apprenants sur les différentes méthodes de regroupement implémentées.

Les modules complémentaires consistent à :

- 1) **Un gestionnaire de contenu** : celui-ci gère le contenu pédagogique du système, notamment les matières, les objets d'apprentissage et les pré-tests associés.
- 2) **Un gestionnaire de TP** : qui gère le processus de création de TP et ses paramètres requis (nombre maximal des apprenants par groupe, date limite du TP, méthode de regroupement dynamique ou sélectif, etc.),
- 3) **Un gestionnaire de groupes** : qui est considéré comme le chef d'orchestre du processus de génération des groupes, sa tâche principale est la coordination entre le module de regroupement et l'adaptateur social selon les paramètres définis dans un tel TP.

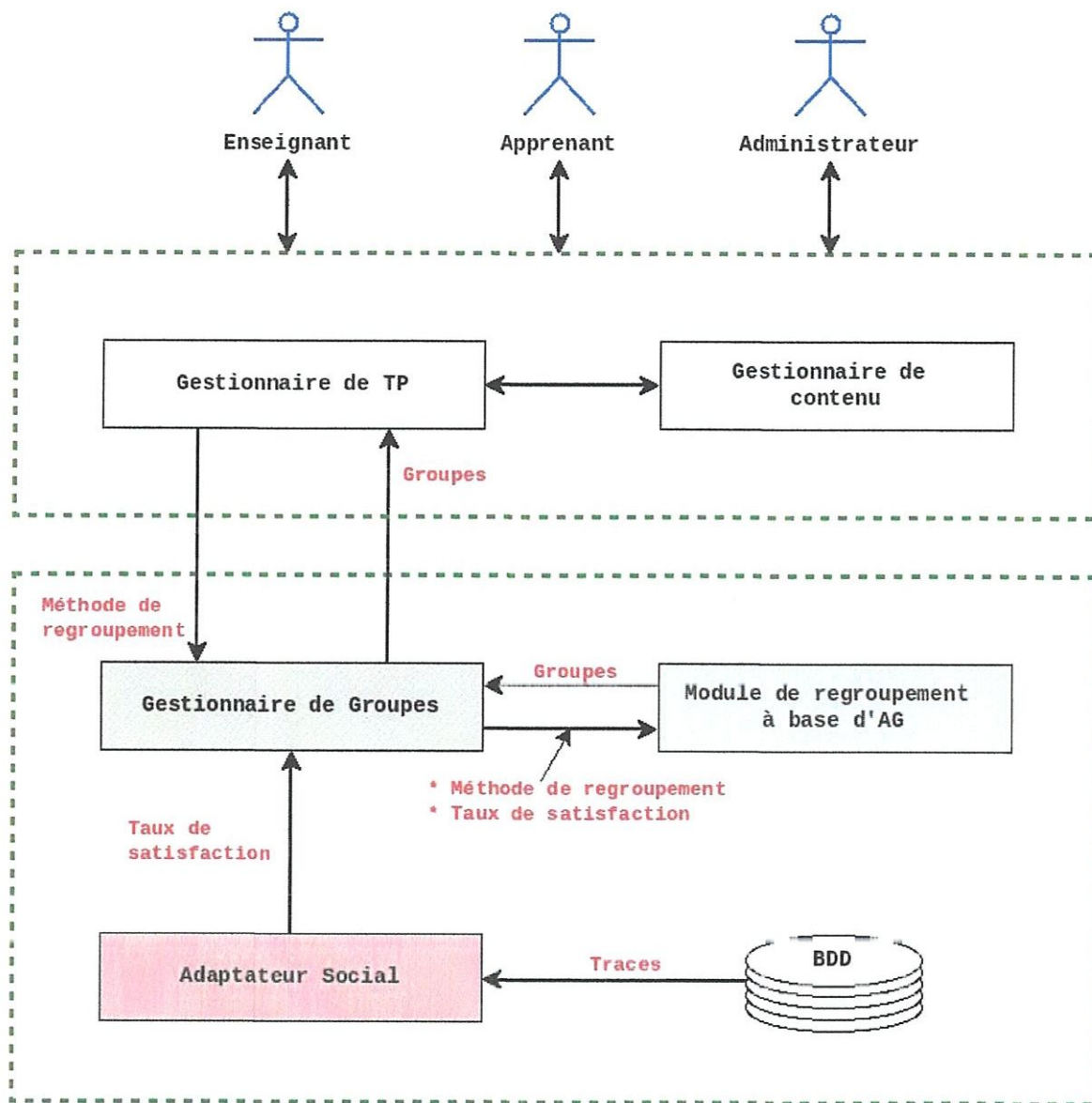


Figure 11: Architecture générale du système.

Le processus de création de TP est présenté par les diagrammes UML suivants, un diagramme d'activité et un diagramme de séquence respectivement (figures 12 et 13) :

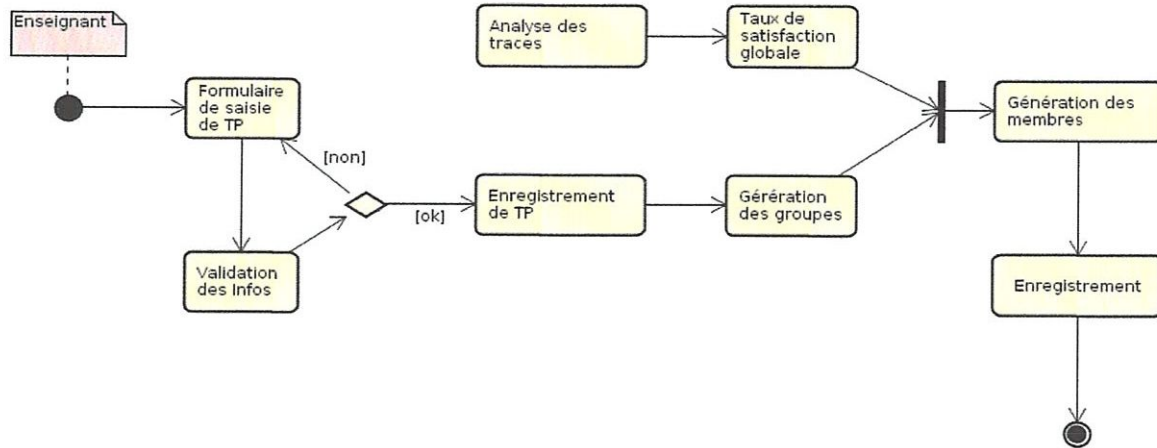


Figure 12: Diagramme d'activité : processus de création de TP avec regroupement dynamique.

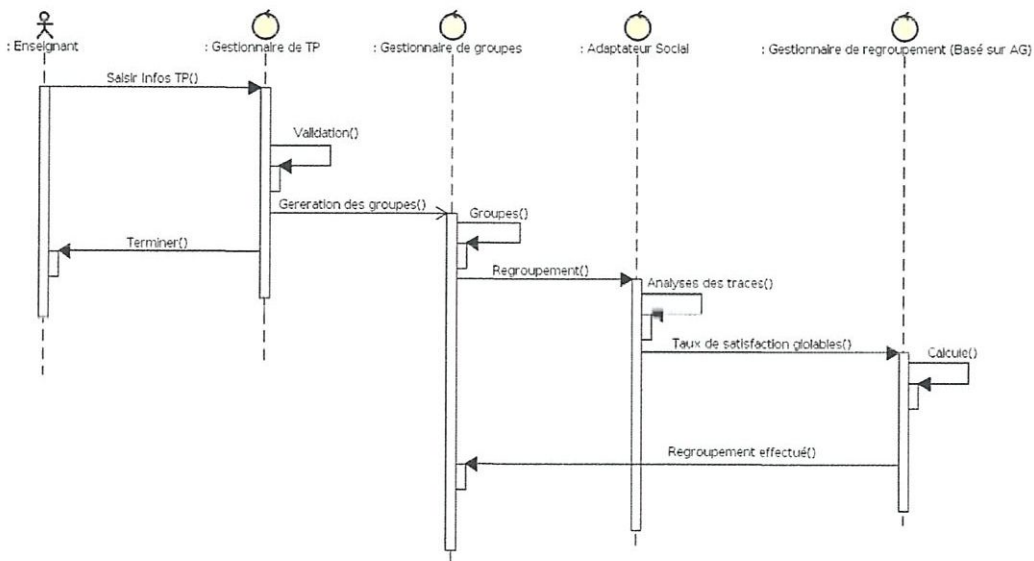


Figure 13: Diagramme de séquence : processus de création de TP avec regroupement dynamique.

La figure 14 représente un diagramme de séquence qui montre comment un apprenant peut donner son avis sur une telle méthode de regroupement.

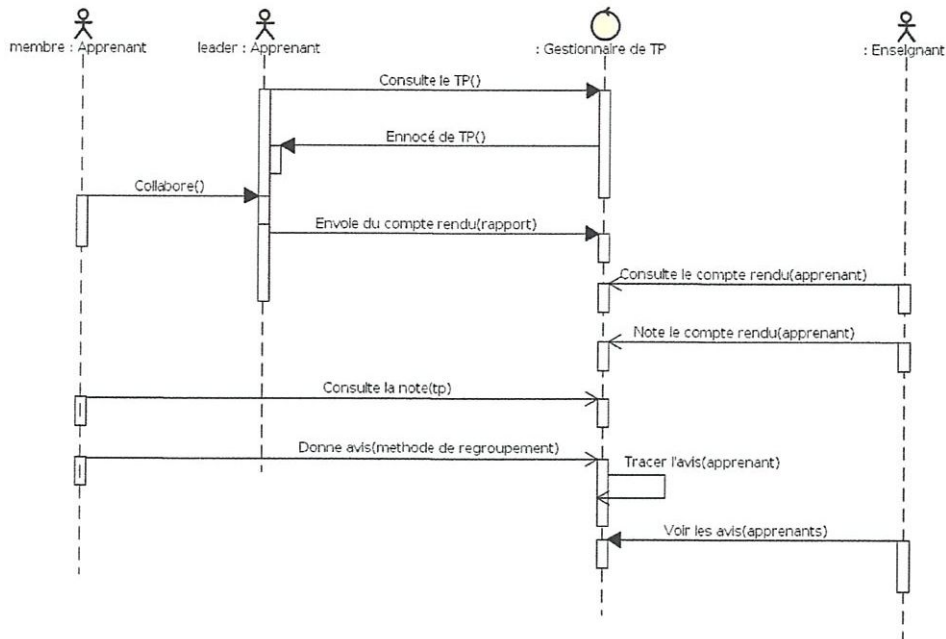


Figure 14: Diagramme de séquence, avis des apprenants sur une méthode de regroupement.

Dans les sections suivantes, nous détaillerons chacun de ces modules.

3.1 Modules du systèmes

3.1.1 Gestionnaire de contenu

Ce module est le responsable du processus de création de contenu pédagogique de la plateforme e-learning, notamment la gestion des matières, la gestion des cours et les différents objets d'apprentissage associés, et finalement et le plus important les pré-testes qui sont implémentés sous forme de questionnaires à choix multiples « QCM », dont chaque apprenant doit les répondre dans un délai bien défini, ou y aura une note afin d'évaluer son niveau cognitif.

3.1.2 Gestionnaire de TP

Son rôle est de gérer le processus de création d'un TP, notamment la vérification des principaux paramètres d'entrée nécessaires, tels que la méthode de regroupement qui peut être soit sélective ou dynamique, la date limite pour la remise du compte rendu, le processus de choix du leader de groupe, les notifications, etc.

Une fois la méthode de regroupement est choisie, ce module doit informer le gestionnaire de groupes pour qu'il prenne le rôle et génère les groupes associés au TP.

3.1.3 Gestionnaire de groupes

Lorsqu'un TP est créé par un enseignant, le gestionnaire de groupes va donc jouer son rôle pour créer les groupes. On peut imaginer ce gestionnaire comme un coordinateur entre le module de regroupement et l'adaptateur social. Il n'a aucun traitement particulier à faire, sa tâche consiste à organiser et à suivre le processus de regroupement.

Pour générer des groupes d'apprenants, deux situations peuvent se produire :

- Dans le cas d'une méthode de regroupement sélective, c-à-d une méthode bien précise, dans ce cas le gestionnaire de groupes va communiquer directement avec le module de regroupement 'AG' et lui passer la méthode à utiliser pour générer les groupes.
- Dans le cas d'une méthode de regroupement dynamique, ce qui signifie que l'enseignant n'a pas choisi une méthode de regroupement, donc il s'agit d'un regroupement basé sur les avis et les préférences des apprenants sur toutes les méthodes déjà exploitées. A cet effet, le gestionnaire de groupes va demander à l'adaptateur social de lui fournir ces paramètres (les taux de satisfaction globale pour chaque méthode), par la suite il demande au module de regroupement de créer les groupes selon ces derniers paramètres. Ce processus est illustré dans la figure 15.

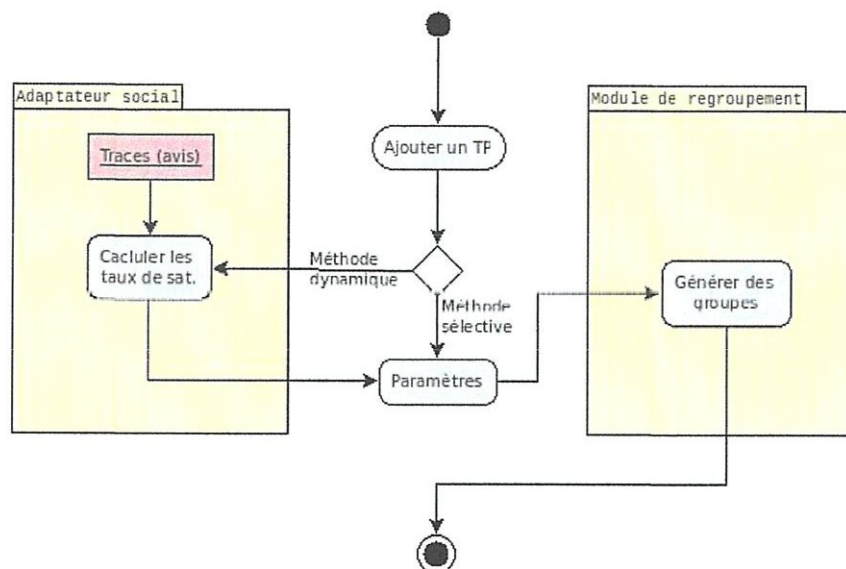


Figure 15: Mode de fonctionnement du gestionnaire de groupe.

3.1.4 Module « Adaptateur Social »

C'est un module très important dans notre système. A partir des traces (avis) des apprenants sur les différentes méthodes de regroupement, il calcule les taux de satisfaction globale de chaque méthode, ces derniers sont par la suite transférés au module de regroupement. La figure 16 illustre ce processus.

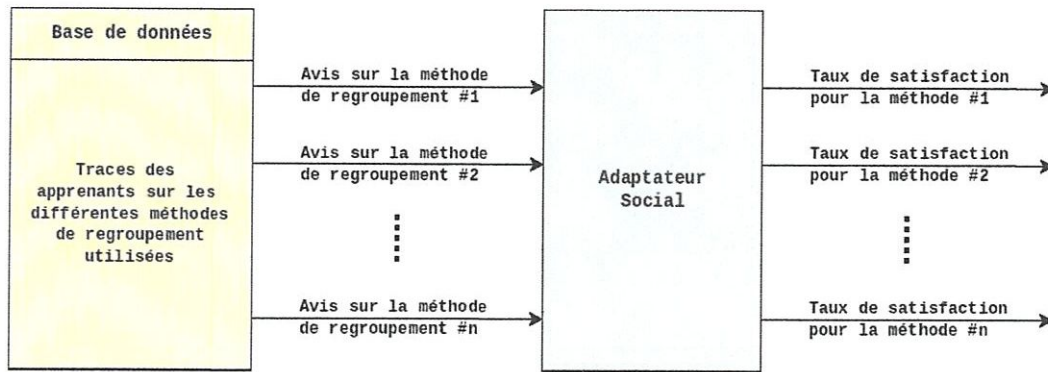


Figure 16: Principe de fonctionnement de l'adaptateur social.

Pour calculer ces taux pour une méthode particulière M , on passe par les étapes suivantes :

1. Calcul du taux de satisfaction maximale qu'on peut l'atteindre :

$$T_{MAX}(M) = N_{APPS} * N_{TP}(M) * 5$$

Tel que :

T_{MAX} : Taux maximal d'une méthode

N_{APPS} : Nombre des apprenants.

5 : Les avis des apprenants sont quantifiés avec des valeurs entre 0 et 5.

2. Calcul du taux de satisfaction réel (non normalisé)

$$T_{REEL}(M) = Avis(M) / T_{MAX}(M)$$

3. Normalisation du taux de satisfaction réel :

$$T_{REEL_N}(M) = T_{REEL}(M) * 100 / SOMME(T_{REEL})$$

3.1.5 Module de regroupement basé sur les algorithmes génétiques

C'est le cœur du système, il a une seule tâche : créer des groupes à partir des paramètres d'entrée tels que : la liste des apprenants à regrouper, la taille du groupe (le nombre maximal des apprenants par groupe), et les taux de satisfaction globale pour chaque méthode. Ce module va créer des groupes homogènes qui répondent au maximum aux besoins des apprenants. Ce processus est illustré par la figure 17.

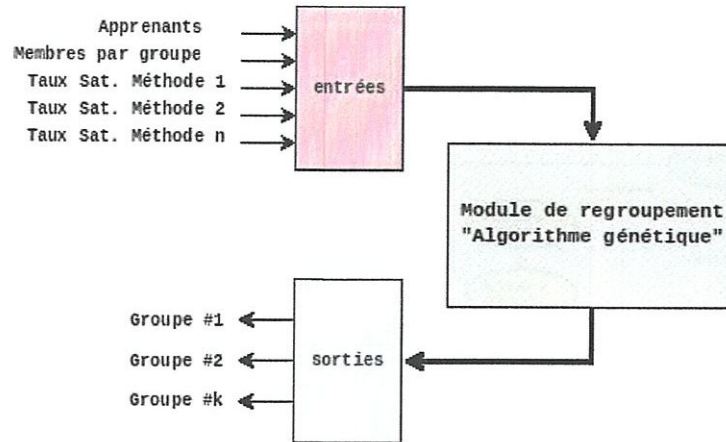


Figure 17: Fonctionnement du module de regroupement 'AG'.

3.2 Acteurs du système

Comme le montre la *figure 18*, notre système se base sur trois principaux acteurs : l'enseignant, l'apprenant et l'administrateur, chacun d'entre eux a ses propres tâches. Ces dernières sont résumées dans le *tableau* suivant :

Acteurs	Rôles
Enseignant	<ul style="list-style-type: none"> Gère le contenu pédagogique du système, tel que l'ajout, la modification, la suppression et l'archivage des différents objets d'apprentissage, pré-test et travaux pratiques. Gère la façon de faire le regroupement de chaque TP, ainsi que la consultation des avis des apprenants sur ces différents méthodes de regroupement. Évalue le niveau cognitif des apprenants à travers les pré-tests et les comptes-rendus des TPs.
Apprenant	<ul style="list-style-type: none"> Consulte et lit les différents cours/objets d'apprentissage mis dans le système par l'enseignant. Répond aux différents pré-tests associés à un objet d'apprentissage. Collabore avec ses membres de groupe pour réaliser un TP. Donne son avis sur les différentes méthodes de regroupement associées aux TPs.
Administrater	<ul style="list-style-type: none"> Gère les comptes des différents acteurs : création, modification, suspension et suppression. Gère les matières disponibles dans le système : création, modification et suppression.

Tableau 2: Acteurs du système.

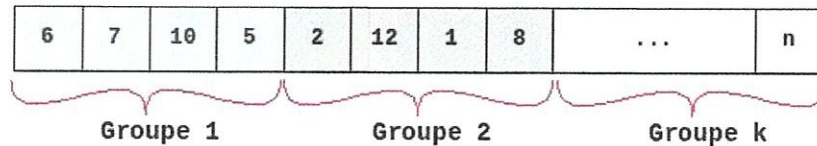


Figure 19: Schéma d'un chromosome.

4.2 Représentation d'un gène « Apprenant »

Comme il a été déjà mentionné dans la partie précédente, un gène dans notre cas représente un apprenant, chaque apprenant est codifié sous forme d'un vecteur contenant son code (son identifiant dans la base de données) et une série de ses caractéristiques utilisées par les différentes méthodes de regroupement implémentées.

Un tel gène est codé comme suit :

$$C = \{C_1, C_2, \dots, C_n\}$$

Où, « n » : le nombre de caractéristiques d'un apprenant.

4.3 Fonction d'évaluation

La fonction d'évaluation permet de calculer une valeur de qualité d'un individu en basant sur des paramètres déjà calculés qui concernent principalement les taux de satisfaction global des différentes méthodes de regroupement déjà évaluées par les apprenants à travers les différents TPs réalisés.

Si on suppose que ces taux de satisfaction globale sont représentés par un vecteur T , ce vecteur peut être représenté comme suit :

$$T = \{T_1, T_2, \dots, T_n\}$$

Où n est le nombre des méthodes de regroupement déjà implémentées et évaluées par les apprenants.

La fonction de fitness F est définie comme suit :

$$\sum_{i=1}^n (T_i * F_i)$$

Où :

- n : le nombre de méthodes de regroupement implémentées.
- T_i : le taux de satisfaction globale pour la méthode de regroupement « i »
- F_i : la valeur de fitness pour la méthode de regroupement « i »

4.4 Population initiale

La population initiale est un ensemble de chromosomes ou individus créés d'une façon totalement aléatoire. La taille de cette population est un facteur très important et elle est initialisée à la valeur 100. Il n'y a pas une méthode exacte pour choisir ce paramètre, ce qui nécessite une expérimentation pour le définir.

4.5 Méthode de sélection

Pour effectuer la sélection, on a opté pour la méthode de sélection d'elitisme, qui consiste à choisir 50 % des meilleurs chromosomes après avoir effectué une évaluation de tous les individus de la population et de les triés d'une façon décroissante (*figure 20*). De cette façon on garde toujours les meilleurs individus en tête de liste, et en générant par la suite les 50 % manquantes afin de garder toujours une population de taille fixe (taille de la population initiale).

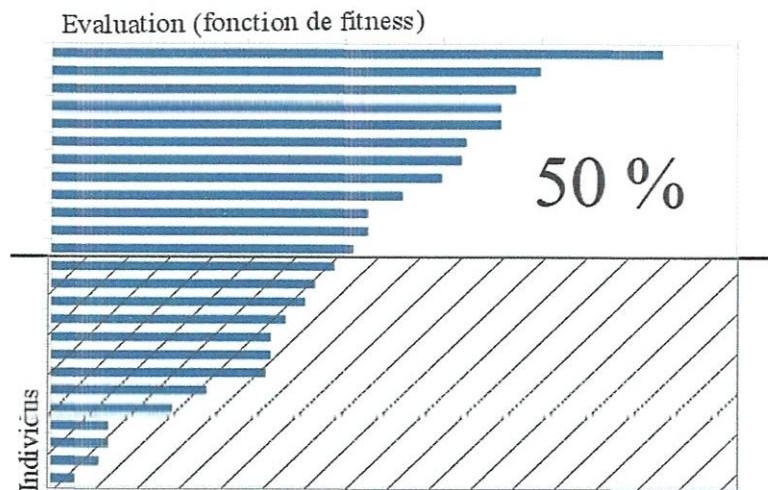


Figure 20: Méthode de sélection adoptée.

4.6 Opérations génétiques

4.6.1 Croisement

Comme il a été déjà mentionné dans les parties précédentes, il y a plusieurs méthodes de croisement. Notre approche consiste à créer plusieurs points de croisement et ceci au nombre de groupes existants dans chaque chromosome. Par exemple, si nous voulons créer 6 groupes d'apprenants, on aura systématiquement 6 points de croisement, ce qui implique un point de croisement pour chaque groupe, et pour chaque groupe on doit choisir un point de croisement d'une façon arbitraire afin de le croiser avec l'autre groupe de l'autre individu (*figure 21*).

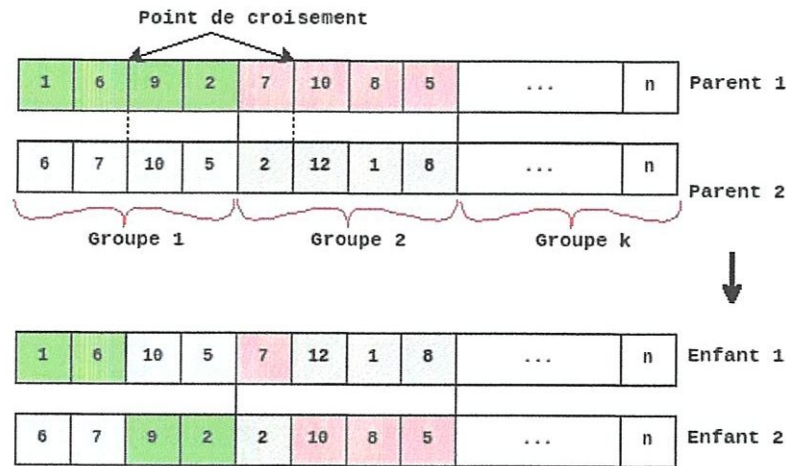


Figure 21: Opération de croisement.

4.6.2 Mutation

Cette opération consiste à permuter deux gènes au sein du même chromosome. Le choix de ces gènes est arbitraire et elle ne s'applique qu'avec une probabilité de 10 % sur les nouveaux individus produits. Cette opération est illustrée par la *figure 22*.

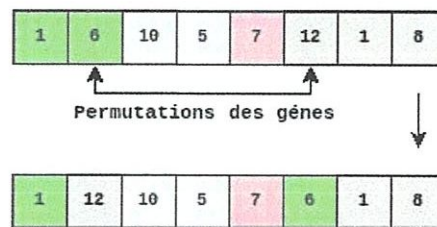


Figure 22. Opération de mutation.

5 Fonctionnement du module de regroupement et l'adaptateur social

Pour bien expliquer la façon comment le module de regroupement basé sur les algorithmes génétiques et l'adaptateur social fonctionnent, on va le montrer par un exemple, où on considère l'existence de deux méthodes de regroupement, l'une par affinité et l'autre par niveau cognitif. La base de données contient 26 apprenants, et 4 TPs, dont 2 TPs pour chaque méthode. En premier lieu, on doit définir la fonction d'évaluation de l'algorithme génétique pour chaque méthode, puis on doit calculer, à partir des avis des apprenants, les taux de satisfaction pour chaque méthode, ces taux seront normalisés pour avoir des pourcentages entre 0 % et 100 %. Ces derniers sont les paramètres requis par le module de regroupement basé sur les algorithmes génétiques pour générer finalement les groupes des apprenants voulus.

5.1 Module de regroupement

Pour que le module de regroupement basé sur les algorithmes génétiques puisse calculer la fitness des différents individus de la population, chaque méthode de regroupement doit avoir une fonction d'évaluation.

5.1.1 Regroupement par affinité

Dans cette méthode, chaque apprenant donne son choix sur les apprenants qu'il veut travailler avec (genre de fiche de vœux), et on cherche à créer des groupes en essayant de satisfaire les choix des apprenants au maximum.

Soit :

- v, g, ng : la taille de la fiche de vœux, la taille de groupe, le nombre de groupes respectivement,
- $LV = \{A_1, A_2, \dots, A_v\}$: la liste contenant les vœux d'un apprenant,
- $LA = \{A_1, A_2, \dots, A_g\}$: la liste des membres du groupe générés par l'algorithme génétique,
- $F_{MAX} = (g-1) * g * ng$: la fitness maximale d'un individu qu'on peut l'atteindre,

La fonction de fitness d'un individu est comme suit :

$$\left(\sum_{i=1}^{ng} \sum_{j=1}^g (LV \cap LA) \right) / F_{MAX}$$

5.1.2 Regroupement par niveau cognitif

Avec cette méthode, on cherche à créer des groupes dont le niveau cognitif est équilibré.

Les niveaux cognitifs sont classés en 5 catégories comme le montre le *tableau* suivant :

Niveau Cognitif	Code	Note de fitness
Très Bien	TB	+0.250
Bien	B	+0.125
Moyen	M	0.000
Faible	F	-0.125
Très Faible	TF	-0.250

Tableau 3: Codification des niveaux cognitifs.

Si on suppose qu'un groupe ne dépasse pas 5 membres alors le groupe $\{TB, B, M, F, TF\}$ forme une solution idéale, du même, si la taille du groupe ne dépasse pas 4 membres, le groupe $\{TB, B, F, TF\}$ est aussi considéré comme solution idéale.

Soit :

- g, ng : la taille de groupe, le nombre de groupes respectivement,

La fonction de fitness est comme suit :

$$1 - \left(\sum_{i=1}^{ng} \sum_{j=1}^g N_i \right)$$

5.2 L'adaptateur social

La fonction de fitness pour chaque méthode est bien définie, l'algorithme génétique nécessite aussi d'autres paramètres, ce sont les taux d'utilisation de chaque fonction de fitness. Ces taux forment la tâche de l'adaptateur social.

Soit :

- $Avis(M_1) = 190$, les avis des apprenants sur la méthode par affinité
- $Avis(M_2) = 110$, les avis des apprenants sur la méthode par niveau cognitif

Les étapes suivantes montrent le déroulement de cette tâche :

- Calcul du taux de satisfaction maximale pour chaque méthode :

- **Par affinité :**

$$T_{MAX}(M_1) = N_{APPS} * N_{TP}(M_1) * 5$$

$$\rightarrow T_{MAX}(M_1) = 26 * 2 * 5$$

$$\rightarrow T_{MAX}(M_1) = 260$$

- **Par Niveau cognitif :**

$$T_{MAX}(M_2) = N_{APPS} * N_{TP}(M_2) * 5$$

$$\rightarrow T_{MAX}(M_2) = 26 * 2 * 5$$

$$\rightarrow T_{MAX}(M_2) = 260$$

- Calcul du taux de satisfaction réel (non normalisé) :

- **Par affinité :**

$$T_{REEL}(M_1) = Avis(M_1) / T_{MAX}(M_1)$$

$$\rightarrow T_{REEL}(M_1) = 190/260$$

$$\rightarrow T_{REEL}(M_1) = 0.730$$

- **Par niveau cognitif :**

$$T_{REEL}(M_2) = Avis(M_2) / T_{MAX}(M_2)$$

$$\rightarrow T_{REEL}(M_2) = 110/260$$

$$\rightarrow T_{REEL}(M_2) = 0.423$$

- Normalisation du taux de satisfaction réel :

- **Par affinité :**

$$T_{REEL_N}(M_1) = T_{REEL}(M_1) * 100 / SOMME(T_{REEL})$$

$$\rightarrow T_{REEL}(M_1) = 0.730 * 100 / (0.730 + 0.423)$$

$$\rightarrow T_{REEL}(M_1) = 73 / 1.153$$

$$\rightarrow T_{REEL}(M_1) = 63.31 \%$$

- **Par niveau cognitif :**

$$T_{REEL_N}(M_2) = T_{REEL}(M_2) * 100 / SOMME(T_{REEL})$$

$$\rightarrow T_{REEL}(M_2) = 0.423 * 100 / (0.730 + 0.423)$$

$$\rightarrow T_{REEL}(M_2) = 42.3 / 1.153$$

$$\rightarrow T_{REEL}(M_2) = 36.69 \%$$

« Les taux nécessaires sont alors les suivants : 63.31 % et 36.69 % »

6 Leader de groupe

Le leader de groupe ou le chef de groupe joue un rôle important dans notre système. C'est lui qui est le responsable de la coordination entre les membres de son groupe, c'est à son responsabilité l'envoi du compte rendu du TP associé au groupe.

Plusieurs options sont offertes pour choisir le leader de groupe, parmi elles :

- a) **Sélection aléatoire** : Le choix de leader entre les différents membres du même groupe se fait d'une façon arbitraire.
- b) **Sélection manuel** : Dans ce cas, le choix s'effectue manuellement par l'enseignant responsable de l'objet pédagogique contenant le TP.
- c) **Sélection par niveau cognitif** : Avec ce critère, parmi les membres du groupe, l'apprenant ayant le meilleur niveau cognitif gagne le rôle de leadership.
- d) **Sélection par élection** : Dans ce dernier critère, les membres du groupe choisissent leur chef de groupe en effectuant une élection. Chaque apprenant donne son avis sur chacun des membres par le fait de les donner une note entre 1 et 5. Le membre ayant la meilleure note aura le rôle du chef de groupe.

Parmi les options citées auparavant, et vue que notre approche est orientée principalement vers les avis des apprenants, on opte pour la dernière option qui consiste à choisir le leader du groupe par « *élection* ».

7 Conclusion

Dans ce présent chapitre, nous avons présenté la partie conception de notre système **SocialPW**. Nous avons commencé par présenter les objectifs de notre travail, puis on a donné une vision générale sur notre système avec les différents modules qui le composent. On a détaillé par la suite le rôle de chaque module et son principe de fonctionnement, spécialement les deux modules principaux qui sont l'adaptateur social et le module de regroupement basé sur les algorithmes génétiques. On a présenté aussi les différents acteurs du système ainsi que la façon de choisir le leader de groupe.

Dans le chapitre suivant, nous allons concentrer sur l'aspect technique de notre système et comment il est implémenté.

Chapitre

5

Implémentation du système « SocialPW »

1 Introduction

Ce chapitre est consacré à l'implémentation de notre système **SocialPW** (**Social Practical Works**). En premier lieu, on va donner une vue globale sur ses différents composants. Ensuite, on va détailler chacun d'entre eux. On va présenter aussi, à travers des exemples réels, la génération des groupes par l'algorithme génétique avec les différentes méthodes implémentées. Ces dernières sont : la méthode par affinité et la méthode selon le niveau cognitif.

En outre, on présente le fonctionnement de l'adaptateur social qui est un composant essentiel de notre système SocialPW. On montre à la fin de ce chapitre un test de performance de l'algorithme génétique afin de mesurer son efficacité en terme de temps d'exécution. Finalement, on termine le chapitre par une conclusion.

2 Architecture générale

Comme le montre la *figure 23*, notre système suit une architecture client/serveur à 3 niveaux (3-tiers) « le client, le serveur d'application et le serveur de base de données ». L'avantage principal de cette architecture est la centralisation du traitement, ce qui simplifie les contrôles de sécurité, l'administration, la mise à jour des données et des logiciels.

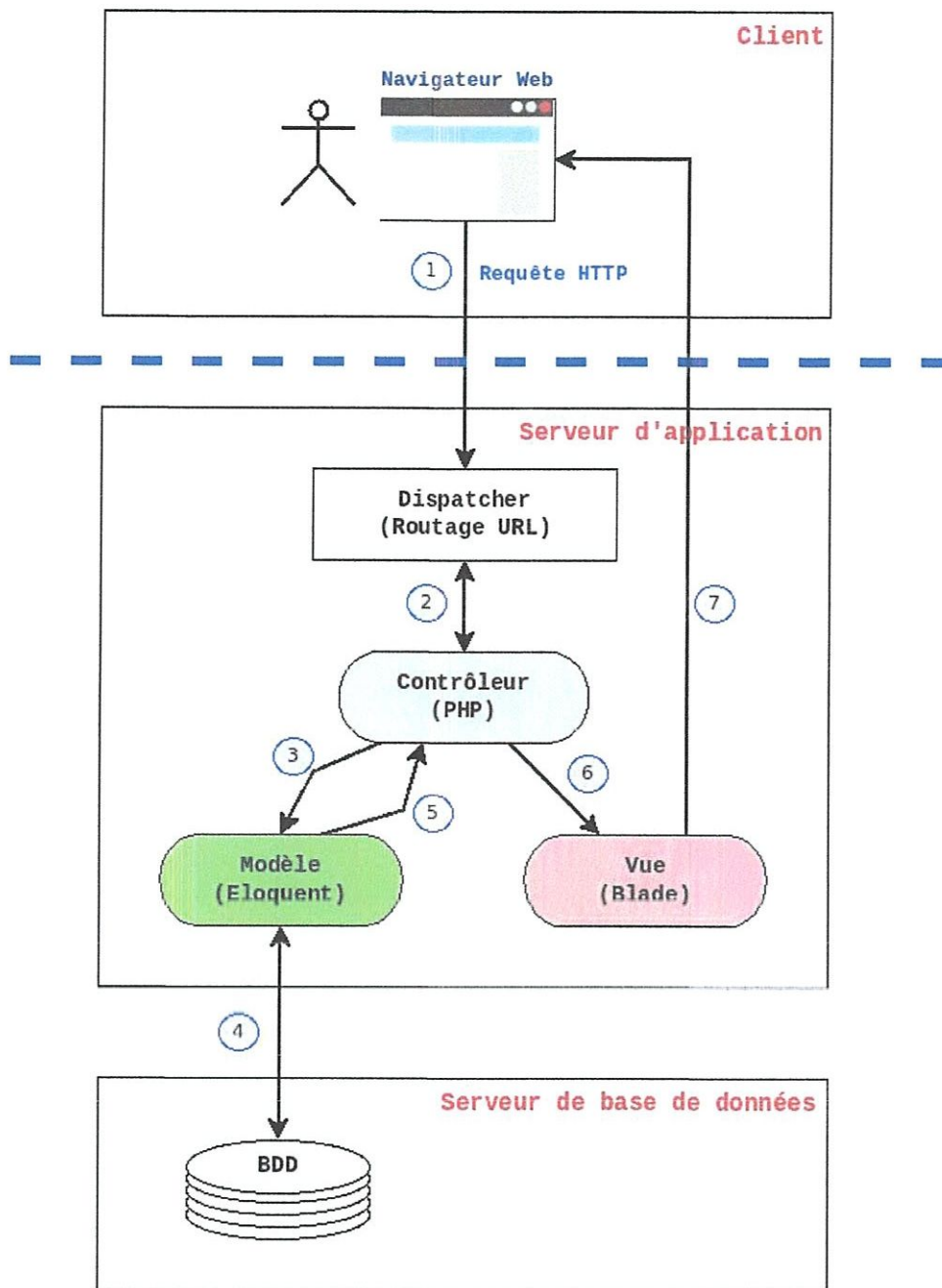


Figure 23: Architecture générale.

2.1 Le client

Comme dans toute application Web, la partie client appartient à la famille des clients légers qui ne nécessite pas une installation particulière, on utilise simplement les navigateurs Web existants tels que : *Microsoft Internet Explorer*, *Mozilla Firefox*, *Apple Safari*, *Google Chrome*, etc. Cette option rend le système accessible par n'importe quel système d'exploitation.

2.2 Serveur d'application

Le serveur d'application est une couche logicielle offrant un contexte d'exécution pour nos composants applicatifs. Pour construire cette partie, on a utilisé le langage de programmation PHP et le framework Laravel 5.2. Ce dernier est un framework MVC (Modèle-Vue-Contrôleur), ce qui nous permet une conception claire et efficace grâce à la séparation des données de la vue et du contrôleur.

2.3 Le serveur de base de données

Pour implémenter cette couche, on a opté pour le serveur de base de données MySQL, à cause de la rapidité, la facilité d'utilisation, et la portabilité.

2.4 Cycle de vie d'une requête client

Pour répondre à une requête utilisateur, une consultation de cours ou de TP par exemple, les étapes suivantes se produisent :

1. Une requête est initiée par l'utilisateur via son navigateur Web, c'est une requête HTTP qui contient des informations sur la page à afficher avec les différents paramètres requis (page du cours *n° 1* par exemple). La requête est transmise via le réseau vers le serveur Web (Apache), puis vers le serveur d'application (notre application).
2. Le point d'entrée du serveur d'application qui va traiter cette demande est « *Le dispatcher* » qu'on l'appelle aussi « *RoutageURL* ». Ce composant est un simple fichier PHP qui contient le mappage de tous les URLs possibles et leurs *contrôleurs* chargés de prendre en charge chacune de ces requêtes. L'exemple suivant (extrait du fichier *routes.php*) permet d'afficher la liste des QCMs dans l'espace enseignant :

```
Route::get('qcms/',
    [
        'as' => 'qcms.index',
        'uses' => 'QcmsController@index'
    ]
);
```

Pour créer une route on a besoin de quatre informations :

- (a) Le type de requête HTTP à traiter, qui est soit **GET** ou **POST**, donc soit *Route::get* ou *Route::post* respectivement,
- (b) Le format de la requête, qui est le chemin relative à l'adresse principale du site, par exemple */qcms*, qui se traduit comme suit : « *http://nom_du_serveur/qcms* »
- (c) Le nom de la route, on l'utilise pour la génération des liens hypertext dans les vues (pages HTML), exemple : « *qcms.index* »
- (d) Et le plus important est le contrôleur qui est chargé de traiter cette demande, par exemple « *QcmsController* » ainsi que la méthode (ou fonction) qui sera exécutée par le contrôleur pour répondre à la demande, exemple « *index* ». Un seul contrôleur peut contenir plusieurs méthodes afin de répondre à plusieurs types de demandes. La liste des contrôleurs du système est montrée par le *tableau 4*.

2.2 Serveur d'application

Le serveur d'application est une couche logicielle offrant un contexte d'exécution pour nos composants applicatifs. Pour construire cette partie, on a utilisé le langage de programmation PHP et le framework Laravel 5.2. Ce dernier est un framework MVC (Modèle-Vue-Contrôleur), ce qui nous permet une conception claire et efficace grâce à la séparation des données de la vue et du contrôleur.

2.3 Le serveur de base de données

Pour implémenter cette couche, on a opté pour le serveur de base de données MySQL, à cause de la rapidité, la facilité d'utilisation, et la portabilité.

2.4 Cycle de vie d'une requête client

Pour répondre à une requête utilisateur, une consultation de cours ou de TP par exemple, les étapes suivantes se produisent :

1. Une requête est initiée par l'utilisateur via son navigateur Web, c'est une requête HTTP qui contient des informations sur la page à afficher avec les différents paramètres requis (page du cours *n° 1* par exemple). La requête est transmise via le réseau vers le serveur Web (Apache), puis vers le serveur d'application (notre application).
2. Le point d'entrée du serveur d'application qui va traiter cette demande est « *Le dispatcher* » qu'on l'appelle aussi « *RoutageURL* ». Ce composant est un simple fichier PHP qui contient le mappage de tous les URLs possibles et leurs *contrôleurs* chargés de prendre en charge chacune de ces requêtes. L'exemple suivant (extrait du fichier *routes.php*) permet d'afficher la liste des QCMs dans l'espace enseignant :

```
Route::get('qcms/',  
    ['as' => 'qcms.index',  
     'uses' => 'QcmsController@index']);
```

Pour créer une route on a besoin de quatres informations :

- (a) Le type de requête HTTP à traiter, qui est soit **GET** ou **POST**, donc soit *Route::get* ou *Route::post* respectivement,
- (b) Le format de la requête, qui est le chemin relative à l'adresse principale du site, par exemple */qcms*, qui se traduit comme suit : « *http://nom_du_serveur/qcms* »
- (c) Le nom de la route, on l'utilise pour la génération des liens hypertext dans les vues (pages HTML), exemple : « *qcms.index* »
- (d) Et le plus important est le contrôleur qui est chargé de traiter cette demande, par exemple « *QcmsController* » ainsi que la méthode (ou fonction) qui sera exécutée par le contrôleur pour répondre à la demande, exemple « *index* » Un seul contrôleur peut contenir plusieurs méthodes afin de répondre à plusieurs types de demandes. La liste des contrôleurs du système est montrée par le *tableau 4*.

3. Une fois le *contrôleur* qui va prendre en charge la requête est identifié, ce dernier va jouer son rôle. Il va contacter les différentes classes *modèle* nécessaires pour récupérer les données.
4. Le modèle est considéré comme une interface entre le contrôleur et la base de données. Donc, il est en charge de récupérer les données à partir de la base de données via des requêtes SQL. La liste des classes modèles du système est présentée dans le *tableau 5*.
5. Une fois les données sont récupérées, le *modèle* va les retourner vers le *contrôleur* chargé de la requête.
6. Le *contrôleur* à son tour va transmettre ces données vers la *vue* demandée afin de construire la page finale en HTML.
7. Une fois la page finale est créée, elle sera transmise vers le client demandeur et le cycle de vie de la requête est terminé.

Nom du contrôleur	Rôle
AuthController	Gère l'opération d'authentification, validation de compte/mot de passe lors d'une connexion vers le site.
PasswordController	Gère tout ce qui concerne le mot de passe, comme le changement, le formulaire de mot de passe, la notification par email en cas de changement.
UsersController	Gère les opérations communes des comptes des différents acteurs du système, telles que la création, la modification, la suppression et l'activation du compte.
AdminsController	Dérive du contrôleur « UsersController », son rôle est la récupération de tous les comptes de type « Administrateur »
ApprenantsController	Dérivé du contrôleur « UsersController », son rôle est de gérer les actions spécifiques aux apprenants, telles que : <ul style="list-style-type: none"> • La récupération de la liste des apprenants, • La manipulation des Cours, Objets d'apprentissage, QCMs et TPs pour un apprenant
EnseignantsController	Dérivé du contrôleur « UsersController », son rôle est de gérer les actions spécifiques aux enseignants, telles que : <ul style="list-style-type: none"> • La récupération de la liste des enseignants, • La manipulation des matières enseignées par un enseignant, • La consultation des traces sur les différents apprenants
ChatsController	Manipulation de Chats, l'enregistrement d'un message chat, la liste des messages pour un tel groupe, etc.
ContactsController	Gère les contacts des différents acteurs / visiteurs du site via le formulaire « Contactez-Nous »
CoursController	Gère les différentes opérations sur les cours comme l'ajout, la modification, la suppression et les différents cours suivis par un

Nom du contrôleur	Rôle
	apprenant ou gérés par un enseignant.
GroupesController	Gère les groupes selon la méthode choisie et les avis des apprenants sur la méthode de regroupement.
HomeController	Gère le contenu du page d'accueil des différents acteurs du système.
MatieresController	Gère les différentes opérations sur les matières, telles que la création, la modification et la suppression.
MessagesController	Gère la messagerie interne du système, la création des emails, l'envoi, la réception, etc.
OpedsControllers	Manipulation des objets d'apprentissage.
QcmsController	Manipulation des QCMs : ajout, modification, suppression etc.
TPsController	Manipulation des TPs : ajout, modification, suppression, notes, comptes rendus ...
TracesController	Récupération des différentes traces sur les apprenants.

Tableau 4: Les principaux contrôleurs du système.

Nom du modèle	Rôle
User	Classe de base représentant la table des utilisateurs
Administrateur	Dérivé de la classe « User » permettant l'accès à la table des administrateurs
Apprenant	Dérivé de la classe « User » permettant l'accès à la table des apprenants
Enseignant	Dérivé de la classe « User » permettant l'accès à la table des enseignants
Chat	Représente la table des chats
Contact	Représente la table des contacts via le formulaire « Contactez-Nous »
Cours	Représente la table des cours
Groupe	Représente la table des groupes des différents TPs
Matiere	Représente la table des matières
Message	Représente des messages liés à la messagerie locale.
MethoReg	Représente la table contenant la liste des méthodes de regroupement existantes dans le système.
Oped	Représente la table des objets d'apprentissage
QCM	Représente la table des QCMs associés aux différents objets d'apprentissage
TP	Représente la table des TPs associés aux différents objets

Nom du modèle	Rôle
	d'apprentissage
Trace	Représente la table contenant les différentes traces sur les apprenants

Tableau 5: Les principales classes modèles du système.

2.5 Outils de développement utilisés

Le tableau suivant résume les outils utilisés pour réaliser notre système :

Partie	Outils
<ul style="list-style-type: none"> Client 	<ul style="list-style-type: none"> HTML : v5 JavaScript : <i>jQuery v1.10.3</i> CSS3 : <i>Bootstrap v3.3.5</i>
<ul style="list-style-type: none"> Serveur d'application 	<ul style="list-style-type: none"> PHP : v5.5.9 Framework MVC : <i>Laravel v5.2</i>
<ul style="list-style-type: none"> Serveur de base de données 	<ul style="list-style-type: none"> MySQL : v5.5

Tableau 6: Outils de développement utilisés.

3 Les interfaces du système

Dans cette partie, nous mettons l'accent sur les principales interfaces du système dans les espaces des différents acteurs : l'espace administrateur, l'espace enseignant et l'espace apprenant.

3.1 Espace administrateur

Dans cet espace, l'administrateur gère les comptes des différents acteurs du système, notamment la création, la modification, la suppression et l'activation/désactivation des comptes.

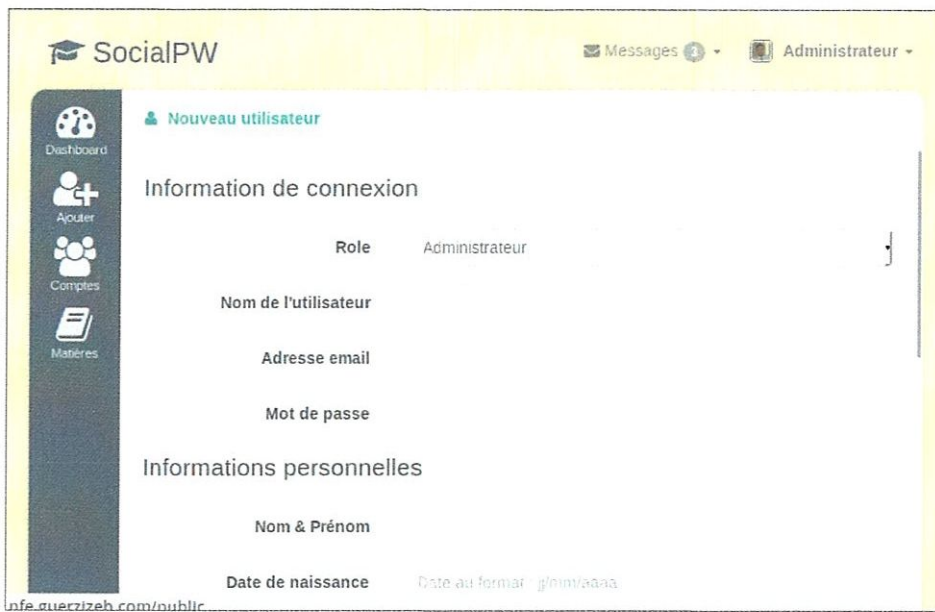


Figure 24: Formulaire d'ajout d'un nouveau compte.



Figure 25: Liste des comptes par type.

3.2 Espace enseignant

La page d'accueil de l'espace enseignant contenant la liste des différents TPs (figure 26) et QCMs (figure 27) misent en place. Elle décrit l'état de ces derniers, par exemple si un TP est terminé ou non, ou les avis des apprenants sur la méthode de regroupement pour ce TP. Dans cet espace aussi, on peut consulter l'état de l'adaptateur social et suivre les traces des apprenants (figure 28). Ces derniers sont affichées sous forme d'une liste où l'enseignant sélectionne un apprenant pour voir ses traces (figure 31).

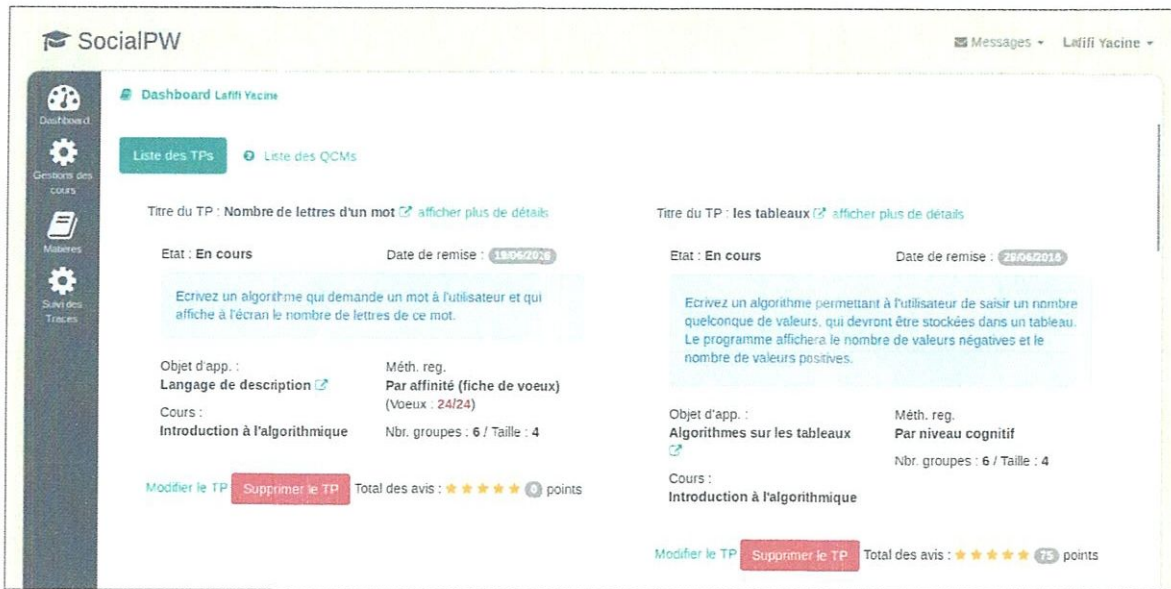


Figure 26: Les TP dans la page d'accueil de l'espace enseignant.

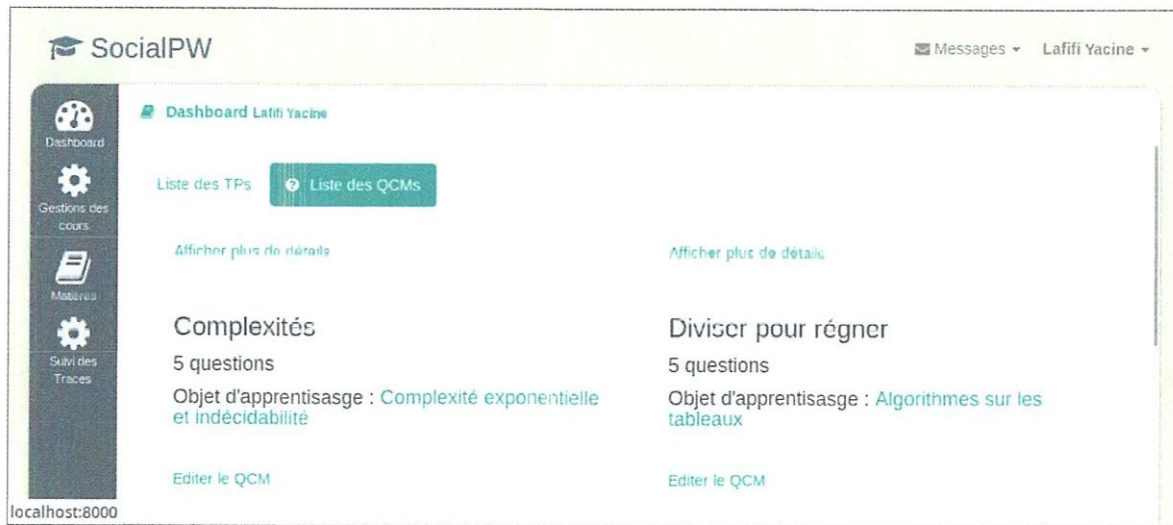


Figure 27: Les QCMs dans la page d'accueil de l'espace enseignant.

Adaptateur Social

Adaptateur Social		Nbr. Avis par méthode de regroupement	
Par affinité (fiche de voeux)	48.3 %	Par affinité (fiche de voeux)	156
Par niveau cognitif	51.7 %	Par niveau cognitif	167

	Nom & Prénom	Email	Date & lieu Naiss.	Dem. connexion
	Abbas N.	app15@guerzizeb.com		15 Jun 2016 - 11:44
⚙	Amari N.	app13@guerzizeb.com	11-11-1980	15 Jun 2016 - 08:33
	Annabi M.	app2@guerzizeb.com		15 Jun 2016 - 08:13
	Athamnia F.	app17@guerzizeb.com		15 Jun 2016 - 08:40
⚙	Benahcen K.	app1@guerzizeb.com		15 Jun 2016 - 08:11
⚙	Benarbia Y.	app25@guerzizeb.com		15 Jun 2016 - 09:00

Figure 28: Page de l'adaptateur social et les traces des apprenants.

3.3 Espace apprenant

Comme dans l'espace enseignant, la page d'accueil de l'espace apprenant contient aussi la liste des différents TP (figure 29) et QCMs (figure 30) misent dans le système. Ce qui facilite l'accès à l'information. L'apprenant peut aussi voir ses traces dans le système comme le montre la figure 31.

Dashboard Gueballa L.

Titre du TP : Nombre de lettres d'un mot	Titre du TP : les tableaux
<p>Etat : En cours</p> <p>Date de remise : 19/06/2016</p> <p>Ecrivez un algorithme qui demande un mot à l'utilisateur et qui affiche à l'écran le nombre de lettres de ce mot.</p> <p>Objet d'app. : Langage de description</p> <p>Cours : Introduction à l'algorithmique</p> <p>Méth. reg. : Par affinité (fiche de voeux) (Voeux : 24/24)</p> <p>Nbr. groupes : 6 / Taille : 4</p> <p>Votre avis : /</p>	<p>Vous avez eu une note de - 14.00 /20, avec mention : B</p> <p>Ecrivez un algorithme permettant à l'utilisateur de saisir un nombre quelconque de valeurs, qui devront être stockées dans un tableau. L'utilisateur doit donc commencer par entrer le nombre de valeurs qu'il compte saisir. Il effectuera ensuite cette saisie. Enfin, une fois la saisie terminée, le programme affichera le nombre de valeurs négatives et le nombre de valeurs positives.</p> <p>Objet d'app. : Algorithmes sur les tableaux</p> <p>Cours : Introduction à l'algorithmique</p> <p>Méth. reg. : Par niveau cognitif</p> <p>Nbr. groupes : 6 / Taille : 4</p> <p>Votre avis : ★★☆☆</p>

Figure 29: Les TP dans la page d'accueil de l'espace apprenant



Figure 30: Les QCMs dans la page d'accueil de l'espace apprenant.

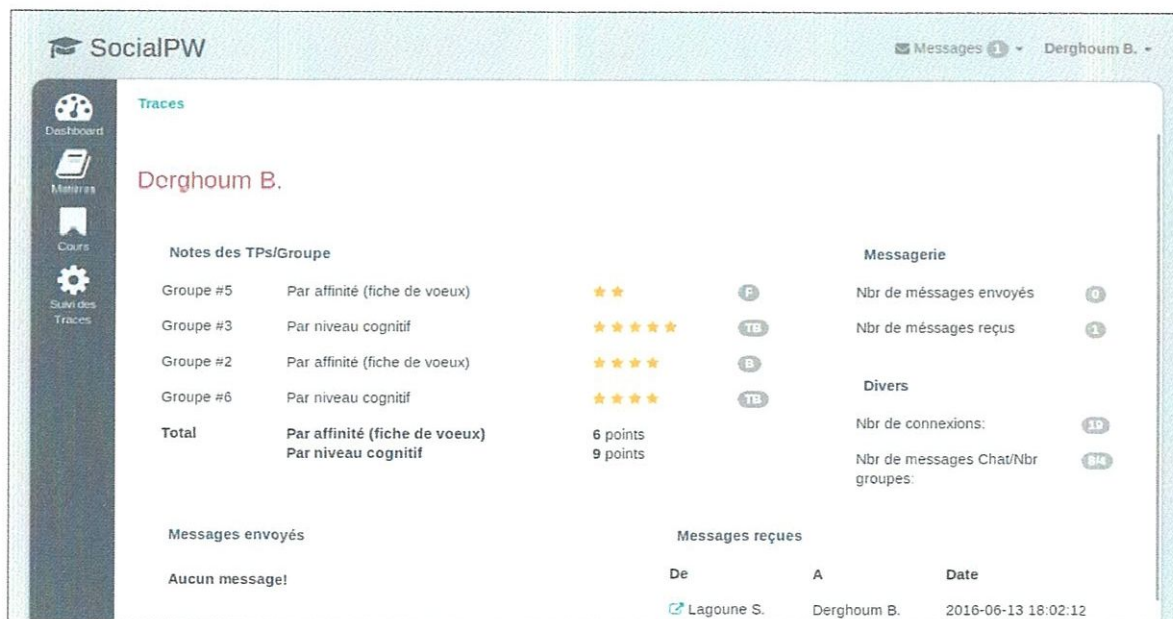


Figure 31: Page des traces dans l'espace apprenant.

4 Outils de collaboration misent en place pour les apprenants

Pour permettre aux apprenants de bien collaborer et communiquer en eux, plusieurs outils sont implémentés. Nous les présentons dans cette section.

4.1 La messagerie interne

Un système de messagerie interne est mis en place, qui permet aux apprenants de communiquer entre eux et de contacter aussi les enseignants. Ce système permet la création, l'envoi/la réception et la suppression des e-mails. De plus, si un utilisateur reçoit un email via le système de la messagerie locale, une notification est envoyée vers sa boîte de messagerie externe mentionnée durant la phase d'inscription.

4.2 Espace commun de collaboration en TP

En plus de la messagerie locale et au système de chat, les membres du même groupe de TP ont un espace commun où chacun peut collaborer à la rédaction du compte rendu. Le chef de groupe va par la suite envoyer le compte rendu final.

4.3 Le système de chat

Ce système permet aux membres du même groupe d'un TP de collaborer entre eux et d'échanger des messages instantanés.

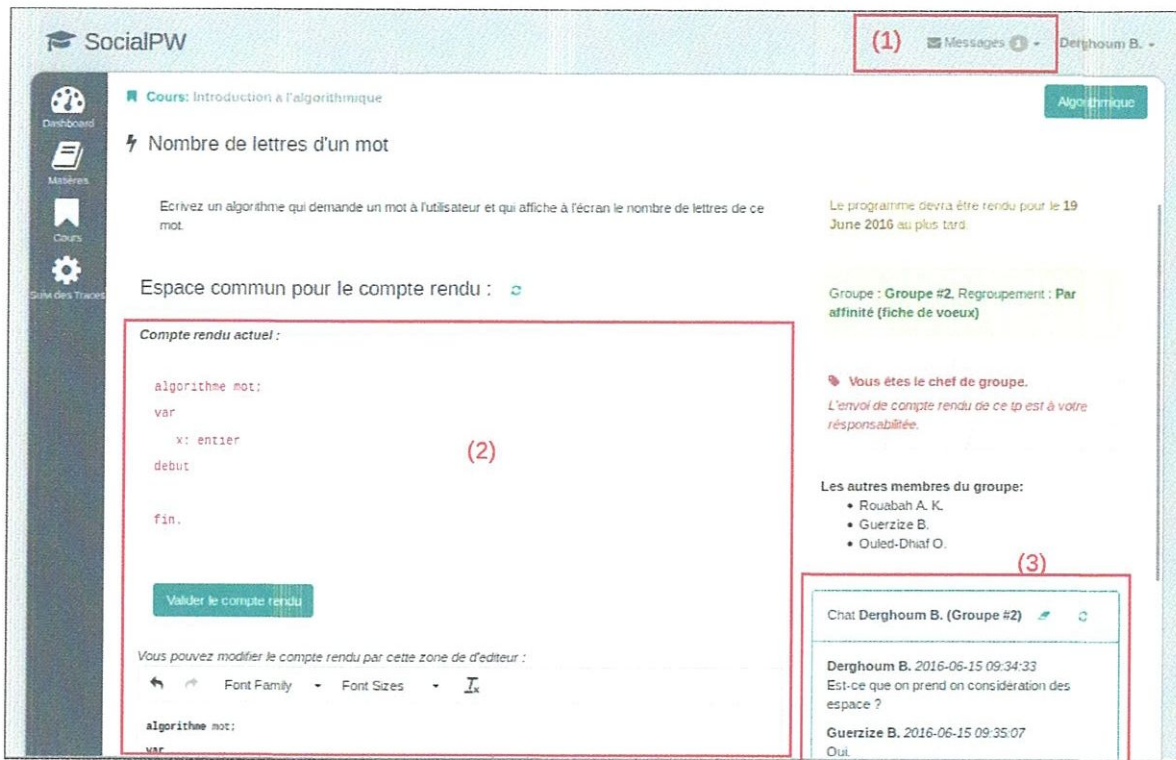


Figure 32: Outils de collaboration misent en place pour les apprenants.

5 Gestion de TP, fiche de vœux, QCM, regroupement et avis

Les principales étapes pour créer un TP par un enseignant sont les suivantes :

- (1) Récupération du formulaire de saisie d'un nouveau TP dans l'espace enseignant, et définition des différents paramètres requis pour le TP, notamment la méthode de regroupement, la taille du groupe, date limite du compte rendu, énoncé, etc.

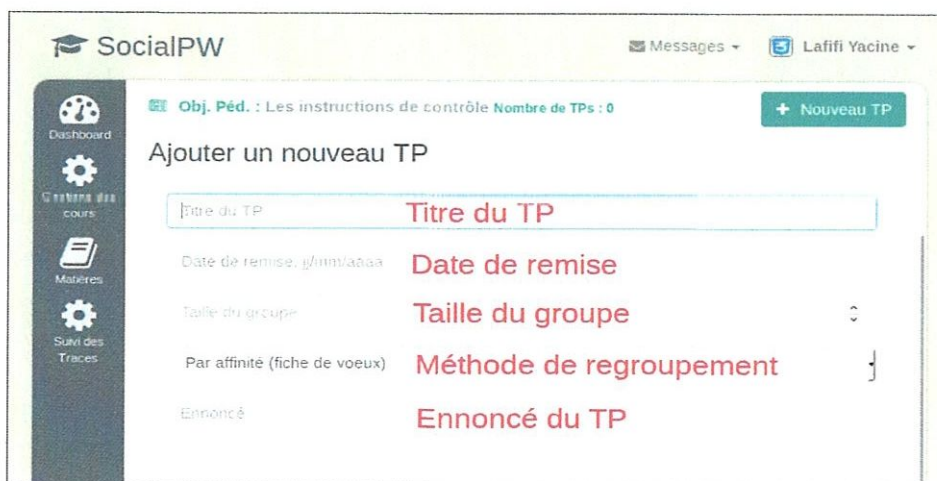


Figure 33: Formulaire de création d'un TP.

(2) Création d'un QCM pour le pré-test si nécessaire.

The screenshot shows the 'Nouveau QCM' (New MCQ) form in the SocialPW interface. The form is titled 'Nouveau QCM' and has a green button 'Complexité exponentielle et indécidabilité'. It contains the following fields:

- Titre du QCM:** Titre
- Date limite:** g/m/aaaa Date limite
- Nombre de questions:** Nbr de questions
- Nombre de propositions par question:** Nbr de propositions
- Description du QCM:** (empty text area)

At the bottom left, there is a green 'Enregistrer' (Save) button. The left sidebar shows navigation options: Dashboard, Gestions des cours, Matières, and Suivi des Traces. The top right shows 'Messages' and the user name 'Lafifi Yacine'.

Figure 34: Formulaire de création d'un QCM (1).

The screenshot shows the 'Obj.Péd.' (Pedagogical Objectives) form in the SocialPW interface. The form is titled 'Obj.Péd. : Complexité exponentielle' and has a green button 'Nouveau QCM'. It contains the following questions and options:

- Qu'appelle-t-on la complexité, ou le coût, d'un algorithme ?
 - Valid La place mémoire nécessaire pour l'exécuter.
 - Valid Le temps effectif nécessaire à son exécution.
 - Valid Le nombre de comparaisons d'éléments effectuées lorsqu'on l'exécute.
- Quelle est la particularité des études de complexité ?
 - Valid Il faut être sûr que l'algorithme se termine.
 - Valid La complexité dépend du langage dans lequel l'algorithme est implémenté.
 - Valid On étudie le comportement asymptotique de l'algorithme, c'est-à-dire quand le nombre de données/la taille du problème tend vers l'infini.

At the top right, there are buttons for 'Nouveau QCM', 'Modifier le titre du QCM', and 'Supprimer le QCM'. The left sidebar shows navigation options: Dashboard, Gestions des cours, Matières, and Suivi des Traces. The top right shows 'Messages' and the user name 'Lafifi Yacine'.

Figure 35: Formulaire de création d'un QCM (2).

(3) Selon la méthode de regroupement choisie, les apprenants font leurs QCM ou fiche de vœux dans leurs espace apprenant.



Figure 36: Page des réponses QCM dans l'espace apprenant.

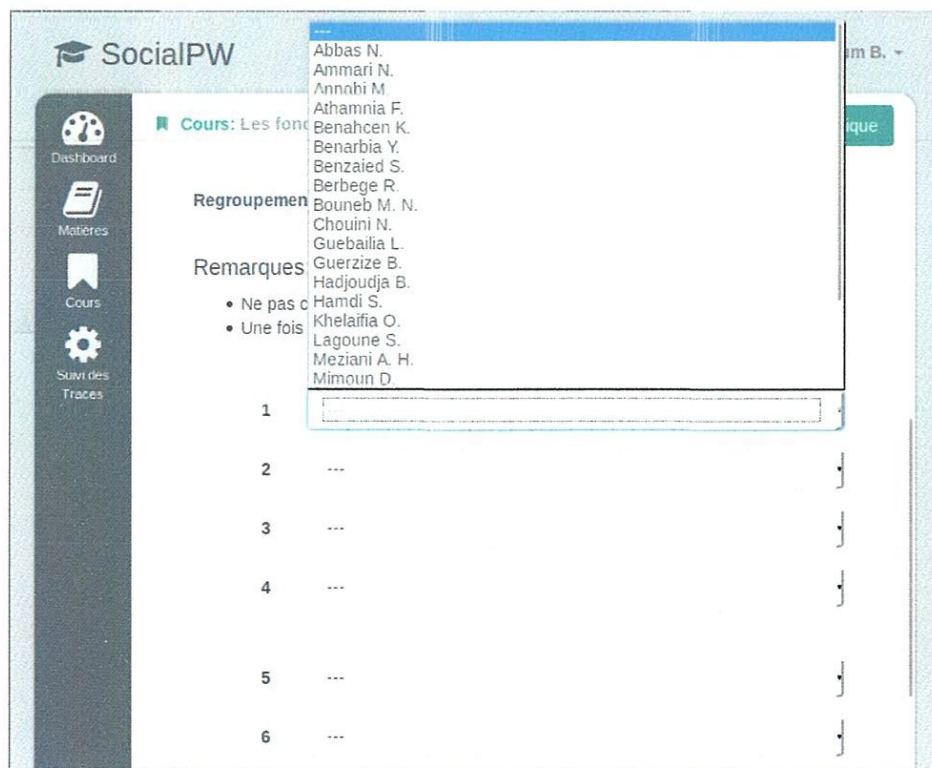


Figure 37: Remplissage de la fiche de vœux par un apprenant.

(4) Lancement du générateur des groupes par l'enseignant : c'est ici où l'adaptateur social et le module de regroupement jouent leurs rôles selon la méthode choisie.

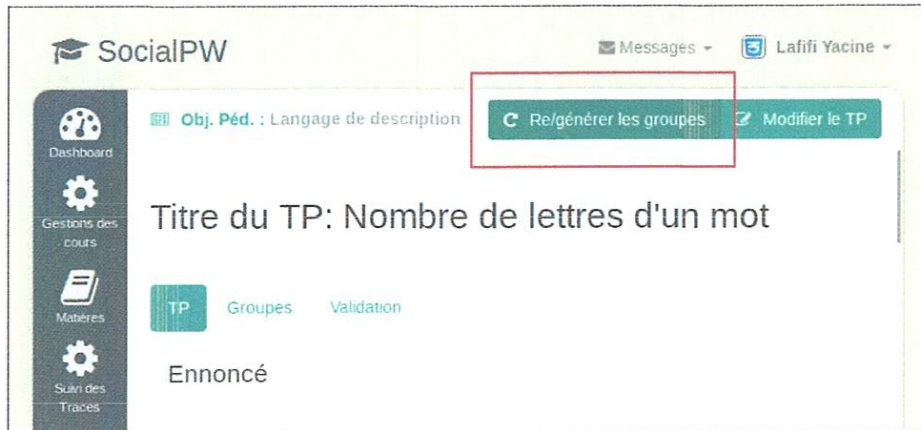


Figure 38: Génération des groupes (1).

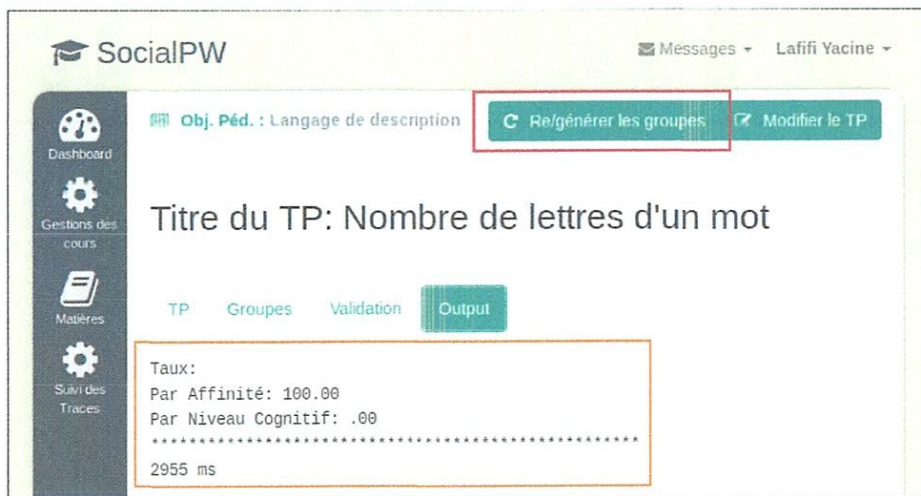
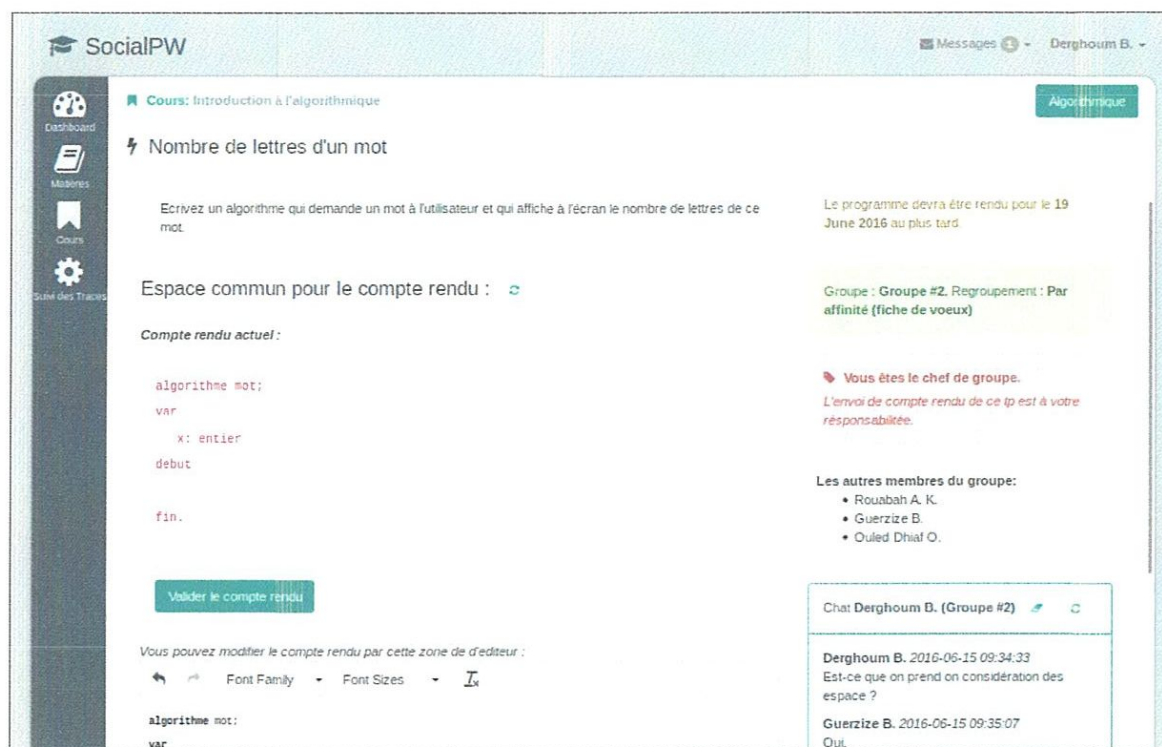


Figure 39: Génération des groupes (2).



Figure 40: Génération des groupes (3).

(5) Collaboration des apprenants pour rédiger le compte rendu sur le TP.



The screenshot displays the SocialPW web application interface. At the top, the user is logged in as 'Derghoum B.' with a 'Messages' icon. The main content area is titled 'Cours: Introduction à l'algorithmique' and features a task 'Nombre de lettres d'un mot'. The task description asks for an algorithm that takes a word and returns the number of letters. A deadline notice states: 'Le programme devra être rendu pour le 19 Juin 2016 au plus tard'. Below this, there is a section for 'Espace commun pour le compte rendu' with a 'Compte rendu actuel' field containing the following code:

```
algorithme mot;
var
  x: entier
debut

fin.
```

A 'Valider le compte rendu' button is visible below the code. To the right, a group information box shows 'Groupe : Groupe #2, Regroupement : Par affinité (fiche de vœux)'. A notification states: 'Vous êtes le chef de groupe. L'envoi de compte rendu de ce tp est à votre responsabilité.' Below this, a list of group members is shown: Rouabah A. K., Guerzize B., and Ouled Dhiab O. At the bottom right, a chat window for 'Chat Derghoum B. (Groupe #2)' shows a conversation where Derghoum B. asks 'Est-ce que on prend on considération des espace ?' and Guerzize B. replies 'Oui.'

Figure 41: Espace de collaboration des apprenants pour le TP.

(6) Évaluation des comptes rendus de chaque groupe par l'enseignant et affectation des notes.

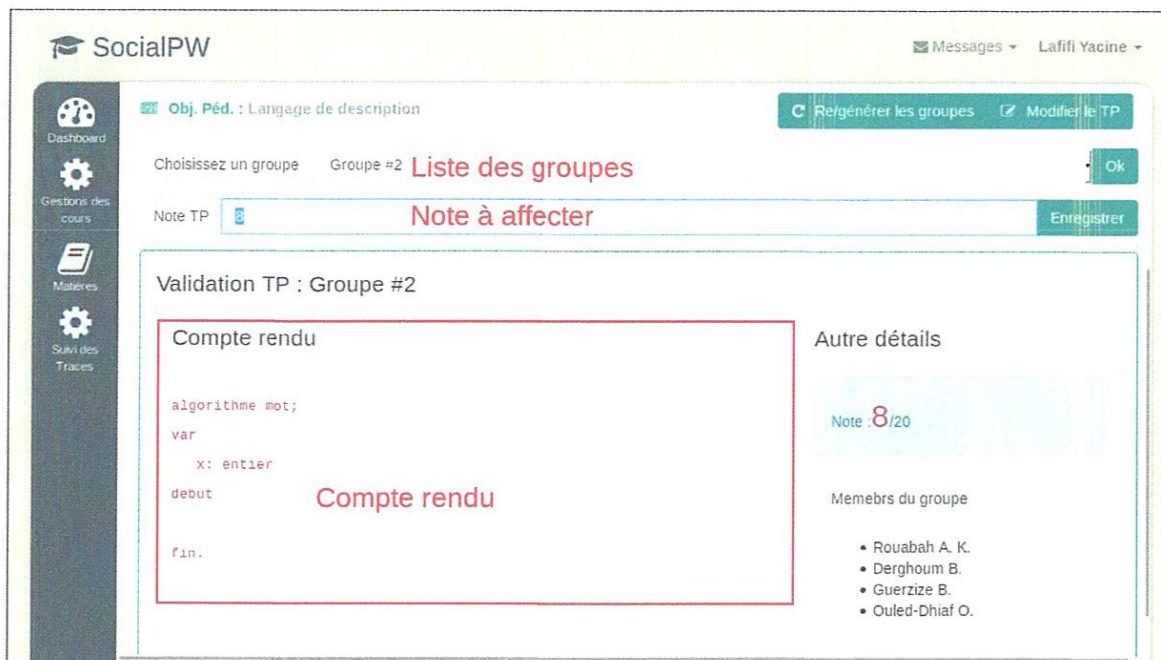


Figure 42: Validation des comptes rendus par l'enseignant.

(7) Evaluation de la méthode de regroupement par les apprenants (de 0 à 5 étoiles).



Figure 43: Avis d'un apprenant sur la méthode de regroupement.

6 Résultats et tests

6.1 Résultats de regroupement par les différentes méthodes implémentées

Nous présentons dans cette section les résultats des tests obtenus en utilisant notre système. Nous avons enregistré 24 apprenants dans notre système pour ce premier test. Ces apprenants doivent être regroupés en appliquant les principes de l'algorithme génétique selon deux méthodes : par affinité et par profil cognitif.

Dans la première méthode, les apprenants doivent exprimer leurs vœux (en nombre de six) afin de les regrouper dans des groupes de quatre apprenants. Tandis que dans la deuxième méthode, chaque apprenant doit répondre à un questionnaire de test de niveau (i.e. calcul du profil cognitif). Ce profil peut être : Très bien (TB), Bien (B), Moyen (M), Faible (F) et Très faible (TF).

Dans ce qui suit, nous présentons tout d'abord la liste des apprenants ainsi que leurs vœux (pour la première méthode) et leurs profils cognitifs (pour la deuxième méthode). Ensuite, la composition de chaque groupe obtenu en appliquant notre approche proposée (i.e. les algorithmes génétiques).

Dans la troisième partie de cette section, nous donnons un exemple sur le regroupement dynamique qui est l'objet majeur de notre recherche.

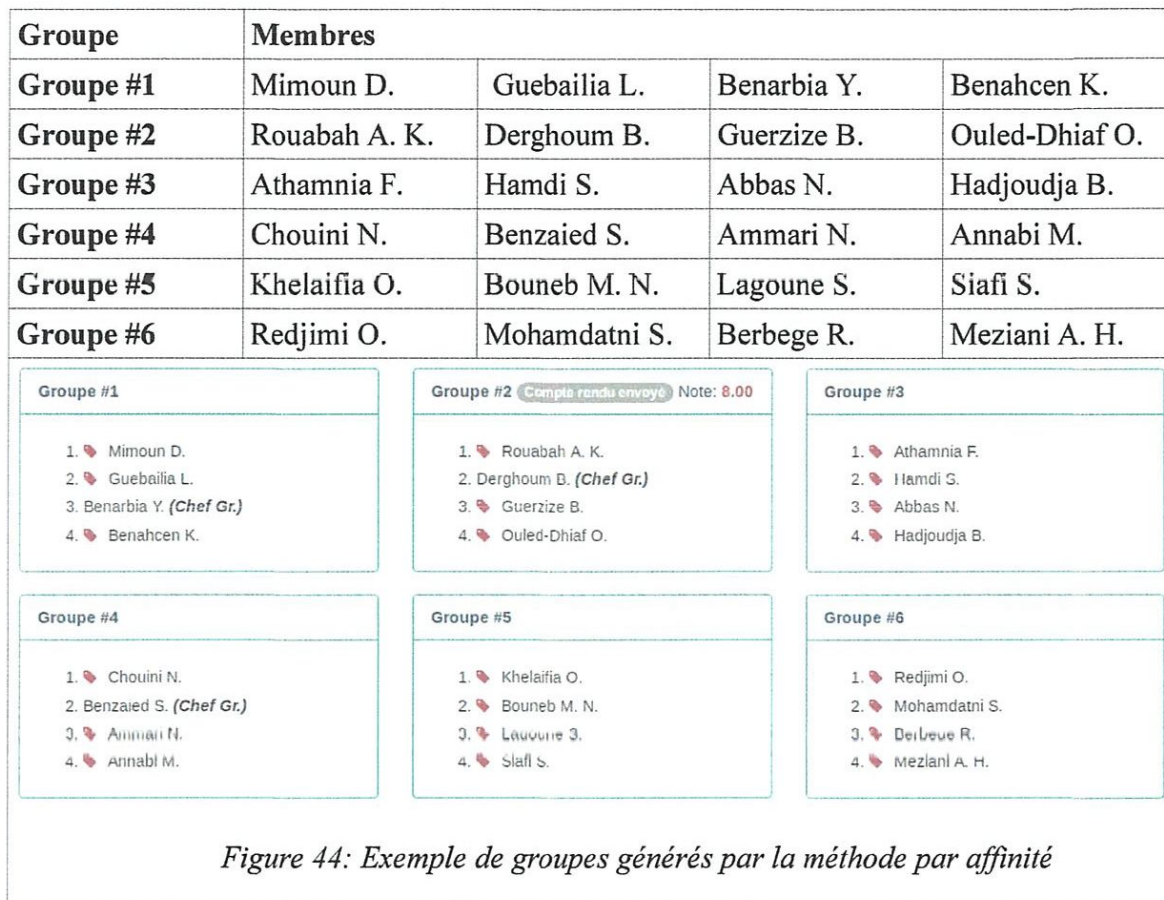
6.1.1 Regroupement par affinité

a Liste des apprenants et leurs vœux

Apprenant	Vœux					
Benahcen K.	Guebailia L.	Mimoun D.	Lagoune S.	Derghoum B.	Benarbia Y.	Guerzize B.
Abbas N.	Annabi M.	Hamdi S.	Hadjoudja B.	Mohamdatni	Benzaied S.	Athamnia F.
Guebailia L.	Benahcen K.	Mohamdatni	Benarbia Y.	Derghoum B.	Guerzize B.	Meziani A. H.
Lagoune S.	Bouneb M. N.	Siafi S.	Benahcen K.	Berbege R.	Guebailia L.	Mimoun D.
Guerzize B.	Derghoum B.	Meziani A. H.	Benahcen K.	Benzaied S.	Redjimi O.	Mimoun D.
Bouneb M. N.	Lagoune S.	Siafi S.	Ouled-Dhiaf	Khelaifia O.	Redjimi O.	Berbege R.
Berbege R.	Mohamdatni	Mimoun D.	Redjimi O.	Lagoune S.	Siafi S.	Bouneb M. N.
Siafi S.	Lagoune S.	Bouneb M. N.	Ouled-Dhiaf	Benahcen K.	Meziani A. H.	Rouabah A. K.
Ouled-Dhiaf O.	Annabi M.	Guebailia L.	Guerzize B.	Khelaifia O.	Mimoun D.	Hadjoudja B.
Ammari N.	Annabi M.	Siafi S.	Guerzize B.	Benzaied S.	Redjimi O.	Derghoum B.
Khelaifia O.	Bouneb M. N.	Ouled-Dhiaf	Redjimi O.	Guebailia L.	Lagoune S.	Berbege R.
Hadjoudja B.	Guebailia L.	Athamnia F.	Guerzize B.	Abbas N.	Benahcen K.	Ouled-Dhiaf
Athamnia F.	Annabi M.	Hamdi S.	Hadjoudja B.	Ammari N.	Abbas N.	Ouled-Dhiaf
Redjimi O.	Mohamdatni	Berbege R.	Meziani A. H.	Derghoum B.	Ouled-Dhiaf	Chouini N.
Rouabah A. K.	Derghoum B.	Mimoun D.	Guerzize B.	Guebailia L.	Benahcen K.	Chouini N.
Derghoum B.	Guerzize B.	Guebailia L.	Rouabah A. K.	Lagoune S.	Benahcen K.	Annabi M.
Meziani A. H.	Guebailia L.	Redjimi O.	Mimoun D.	Bouneb M. N.	Benahcen K.	Derghoum B.
Mohamdatni S.	Redjimi O.	Berbege R.	Mimoun D.	Meziani A. H.	Guebailia L.	Abbas N.
Mimoun D.	Guebailia L.	Guerzize B.	Benahcen K.	Derghoum B.	Meziani A. H.	Benarbia Y.

Benzaied S.	Annabi M.	Ammari N.	Guerzize B.	Derghoum B.	Mimoun D.	Ouled-Dhiaf
Benarbia Y.	Benahcen K.	Guebailia L.	Mimoun D.	Rouabah A. K.	Guerzize B.	Meziani A. H.
Chouini N.	Hamdi S.	Redjimi O.	Ammari N.	Annabi M.	Khelaifia O.	Benzaied S.
Annabi M.	Hamdi S.	Benzaied S.	Ouled-Dhiaf	Abbas N.	Ammari N.	Derghoum B.
Hamdi S.	Annabi M.	Abbas N.	Benzaied S.	Hadjoudja B.	Athamnia F.	Ammari N.

b Groupes générés



6.1.2 Regroupement par niveau cognitif

a Liste des apprenants et leurs niveaux cognitifs

Apprenant	Niveau Cognitif
Benahcen K.	TB
Annabi M.	TB
Hamdi S.	TB
Guebailia L.	TB
Lagoune S.	TB
Guerzize B.	B
Bouneb M. N.	B
Berbege R.	B

Apprenant	Niveau Cognitif
Abbas N.	M
Hadjoudja B.	M
Athamnia F.	M
Redjimi O.	F
Rouabah A. K.	F
Derghoum B.	F
Meziani A. H.	F
Mohamdatni S.	F

Siafi S.	B	Mimoun D.	TF
Ouled-Dhiaf O.	B	Benzaied S.	TF
Ammari N.	M	Benarbia Y.	TF
Khelaifia O.	M	Chouini N.	TF

b Groupes générés

Groupe	Niveaux	Membres			
Groupe #1	TB, B, M, TF	Guerzize B.	Athamnia F.	Annabi M.	Benzaied S.
Groupe #2	B, M, F, TF	Bouneb M. N.	Khelaifia O.	Mohamdatni S.	Benarbia Y.
Groupe #3	TB, M, F, TF	Mimoun D.	Lagoune S.	Redjimi O.	Ammari N.
Groupe #4	TB, B, M, F	Guebailia L.	Hadjoudja B.	Berbege R.	Rouabah A. K.
Groupe #5	TB, B, M, F	Siafi S.	Abbas N.	Meziani A. H.	Khelaifia O.
Groupe #6	TB, B, F, TF	Mimoun D.	Guebailia L.	Siafi S.	Redjimi O.

Figure 45: Exemple de groupes générés par la méthode par niveau cognitif

6.1.3 Regroupement dynamique

a Paramètres d'entrés

Méthode de regroupement	Avis	%
Par affinité (fiche de voeux)	156	48.3
Par niveau cognitif	167	51.7

Adaptateur Social

Par affinité (fiche de voeux)	48.3 %
Par niveau cognitif	51.7 %

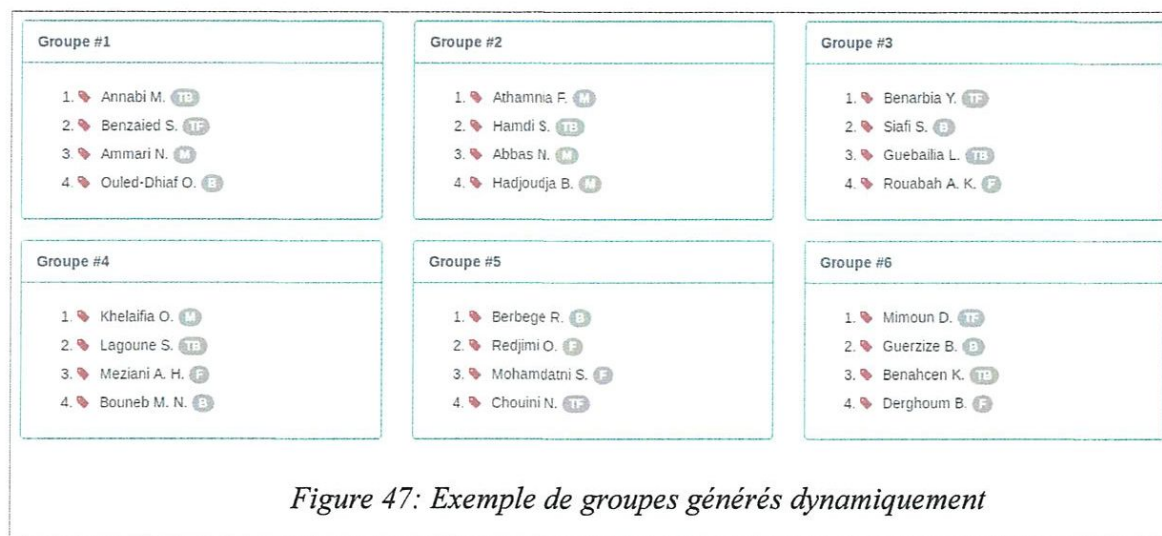
Figure 46: Exemple de taux calculés par l'adaptateur social

b Liste des apprenants, leurs vœux et niveaux cognitifs

Apprenant	NC	Voeux					
Benahcen K.	TB	Guebailia L.	Mimoun D.	Lagoune S.	Derghoum B.	Benarbia Y.	Guerzize B.
Annabi M.	TB	Hamdi S.	Benzaied S.	Ouled-Dhiaf	Abbas N.	Ammari N.	Derghoum B.
Hamdi S.	TB	Annabi M.	Abbas N.	Benzaied S.	Hadjoudja B.	Athamnia F.	Ammari N.
Guebailia L.	TB	Benahcen K.	Mohamdatni	Benarbia Y.	Derghoum B.	Guerzize B.	Meziani A. H.
Lagoune S.	TB	Bouneb M. N.	Siafi S.	Benahcen K.	Berbege R.	Guebailia L.	Mimoun D.
Guerzize B.	B	Derghoum B.	Meziani A. H.	Benahcen K.	Benzaied S.	Redjimi O.	Mimoun D.
Bouneb M.	B	Lagoune S.	Siafi S.	Ouled-Dhiaf	Khelaifia O.	Redjimi O.	Berbege R.
Berbege R.	B	Mohamdatni	Mimoun D.	Redjimi O.	Lagoune S.	Siafi S.	Bouneb M. N.
Siafi S.	B	Lagoune S.	Bouneb M. N.	Ouled-Dhiaf	Benahcen K.	Meziani A. H.	Rouabah A.
Ouled-Dhiaf	B	Annabi M.	Guebailia L.	Guerzize B.	Khelaifia O.	Mimoun D.	Hadjoudja B.
Ammari N.	M	Annabi M.	Siafi S.	Guerzize B.	Benzaied S.	Redjimi O.	Derghoum B.
Khelaifia O.	M	Bouneb M. N.	Ouled-Dhiaf	Redjimi O.	Guebailia L.	Lagoune S.	Berbege R.
Abbas N.	M	Annabi M.	Hamdi S.	Hadjoudja B.	Mohamdatni	Benzaied S.	Athamnia F.
Hadjoudja	M	Guebailia L.	Athamnia F.	Guerzize B.	Abbas N.	Benahcen K.	Ouled-Dhiaf
Athamnia F.	M	Annabi M.	Hamdi S.	Hadjoudja B.	Ammari N.	Abbas N.	Ouled-Dhiaf
Redjimi O.	F	Mohamdatni	Berbege R.	Meziani A. H.	Derghoum B.	Ouled-Dhiaf	Chouini N.
Rouabah A.	F	Derghoum B.	Mimoun D.	Guerzize B.	Guebailia L.	Benahcen K.	Chouini N.
Derghoum B.	F	Guerzize B.	Guebailia L.	Rouabah A. K	Lagoune S.	Benahcen K.	Annabi M.
Meziani A.	F	Guebailia L.	Redjimi O.	Mimoun D.	Bouneb M. N.	Benahcen K.	Derghoum B.
Mohamdatni	F	Redjimi O.	Berbege R.	Mimoun D.	Meziani A. H.	Guebailia L.	Abbas N.
Mimoun D.	TF	Guebailia L.	Guerzize B.	Benahcen K.	Derghoum B.	Meziani A. H.	Benarbia Y.
Benzaied S.	TF	Annabi M.	Ammari N.	Meziani A. H.	Derghoum B.	Mimoun D.	Ouled-Dhiaf.
Benarbia Y.	TF	Benahcen K.	Guebailia L.	Mimoun D.	Rouabah A. K	Guerzize B.	Meziani A. H.
Chouini N.	TF	Hamdi S.	Redjimi O.	Ammari N.	Annabi M.	Khelaifia O.	Benzaied S.

c Groupes générés

Groupe	Niveaux	Membres			
Groupe #1	TB, B, M, TF	Annabi M.	Benzaied S.	Ammari N.	Ouled-Dhiaf O.
Groupe #2	TB, M, M, M	Athamnia F.	Hamdi S.	Abbas N.	Hadjoudja B.
Groupe #3	TB, B, F, TF	Benarbia Y.	Siafi S.	Guebailia L.	Rouabah A. K.
Groupe #4	TB, B, M, F	Khelaifia O.	Lagoune S.	Meziani A. H.	Bouneb M. N.
Groupe #5	B, F, F, TF	Berbege R.	Redjimi O.	Mohamdatni S.	Chouini N.
Groupe #6	TB, B, F, TF	Mimoun D.	Guerzize B.	Benahcen K.	Derghoum B.



6.2 Tests de performance de l'Algorithme Génétique

Le tableau suivant montre la performance de l'algorithme génétique en terme de temps d'exécution (en milli-secondes) par rapport au nombre d'apprenants et la méthode de regroupement utilisée :

Nbr d'apprenants	Méthodes					
	AFF	TM	NIV	Moy	DYN	Moy
24	698	29	696	29	967	40
48	1135	24	865	18	1305	27
96	1991	21	1755	18	2316	24
192	4521	24	3766	20	4854	25
384	10835	28	10319	27	13457	35
TM/Méthode		25		22		30
TM Général						25.66

AFF : Par affinité,

NIV : Par niveau cognitif,

DYN : Regroupement dynamique,

TM : Temps moyen

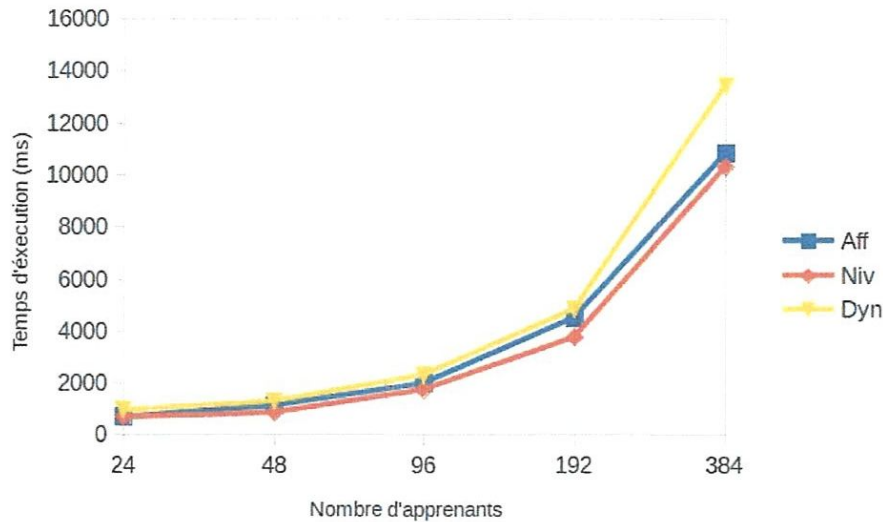


Figure 48: Performance de l'algorithme génétique

D'après le *tableau* précédent, on remarque bien que le temps nécessaire pour générer des groupes par l'algorithme génétique dépend principalement du nombre d'apprenants et non pas de la méthode de regroupement utilisée (des chiffres très proches). Le temps moyen est égal à 25.66 ms par apprenant, ce qui représente un temps très court.

7 Conclusion

Dans ce chapitre, on a présenté comment notre système est implémenté. Son architecture client/serveur web le rend accessible facilement par les différents acteurs du système. On a présenté aussi les principaux contrôleurs et les classes modèles qu'elles le composent. La gestion des TPs, les fiches de vœux et les QCMs associés sont montrés par des exemples réels, ainsi que le processus de génération de groupes par le module de regroupement basé sur les algorithmes génétiques.

Les avis des apprenants sur les différentes méthodes de regroupement ont permis à l'adaptateur social de construire une idée sur les préférences des apprenants vis-à-vis de ces méthodes, ce qui permet de construire par la suite des groupes d'une façon dynamique. Les tests de regroupement et les tests effectués sur la performance de notre algorithme génétique ont montré son efficacité et la rapidité de regroupement qui est à 25 ms par apprenant.

Conclusion générale

Les travaux pratiques jouent un rôle très important dans l'enseignement supérieur. Ils permettent à des groupes d'étudiants d'expérimenter les principes théoriques enseignés en suivant les consignes de l'enseignant. En outre, ils fournissent des illustrations et des démonstrations des concepts enseignés et donc une meilleure assimilation des apprenants, avec un développement des compétences du travail collaboratif en équipe. Ce qui montre l'importance de la manière de la formation des groupes des apprenants.

Dans la littérature, il existe plusieurs méthodes de regroupement des apprenants. Ces dernières doivent être choisies avant le début du travail ou de l'apprentissage. En effet, dans les environnements d'apprentissage collaboratif, les enseignants auteurs des projets d'apprentissage doivent choisir une méthode en tenant en compte plusieurs critères comme : la culture, le niveau cognitif, les styles d'apprentissage, etc. De même, dans les environnements de la réalisation collaborative des travaux pratiques à distance, le regroupement des apprenants est statique. En plus, la méthode de regroupement choisie et adoptée peut ne pas être efficace pour certains apprenants. Donc, pourquoi ne pas proposer un regroupement dynamique des apprenants en tenant en compte les préférences et les compétences des apprenants.

C'est dans ce contexte qu'entre ce travail de recherche qui consiste tout d'abord à concevoir un système de réalisation collaborative des travaux pratiques à distance, puis lui doter d'un outil de regroupement dynamique des apprenants. En d'autres termes, pour chaque travail pratique, le système génère un ensemble de groupes dynamiquement en prenant en compte plusieurs critères comme le niveau cognitif de l'apprenant relatif à l'objet d'apprentissage concerné par le travail pratique, et les préférences ou les vœux des apprenants.

Vu la popularité des réseaux sociaux dans nos jours, nous avons proposé d'intégrer l'aspect social dans notre système de réalisation collaborative de travaux pratiques qui s'appelle **SocialPW** (pour **Social Practical Works**). C'est-à-dire, on donne la possibilité aux apprenants de donner leurs avis sur la méthode de regroupement choisie par le système. Ces avis sont pris en compte pour une future opération de regroupement. En effet, notre système possède un sous-système qui prend en charge l'adaptation sociale des méthodes de regroupement. Cet outil qui s'appelle *l'adaptateur social* constitue l'élément central de notre système.

Pour mener à bien cette adaptation sociale et ce regroupement dynamique, nous avons opté pour l'utilisation d'une technique bio-inspirée qui est l'algorithme génétique. La nouvelle méthode proposée a été testée par quelques apprenants où nous avons enregistré de bons résultats. En effet, nous avons partagé notre système dans un groupe sur **Facebook** pour avoir des critiques et des avis afin de l'améliorer. Après quelques jours d'utilisation, nous avons remarqué que les apprenants sont tous satisfaits de l'espace du travail partagé ainsi que les méthodes de regroupement proposées. En plus, ils nous ont donné des critiques et des propositions pour améliorer le système.

Conclusion générale

Comme futurs travaux, nous comptons mettre en exploitation notre système dans le département d'informatique dans un premier temps, puis dans toute l'université. En plus, nous proposons aux futurs chercheurs de :

- Concevoir un outil d'évaluation automatique des comptes rendus des travaux pratiques des étudiants.
- Proposer une méthode efficace pour la désignation des leaders des groupes sociaux.
- Proposer des métriques pour l'évaluation de l'efficacité des méthodes de regroupement choisies dans les environnements de réalisation collaborative de travaux pratiques en tenant en compte la qualité du compte rendu, les résultats obtenus, les interactions effectuées entre les apprenants, les traces des apprenants, etc.
- Adopter notre méthode basée sur les algorithmes génétiques dans les MOOC (Massive Open Online Courses).

Références

- [**Angélica et al., 2015**] Angélica Pinninghoff, M., Miguel, R., Ricardo, C.-A. & Pedro, S.-L. « Collaboration Group Formation Using Genetic Algorithm ». In *Bioinspired Computation in Artificial Systems*, pp. 330-338, Springer International Publishing, Switzerland, 2015.
- [**Ani et al., 2010**] Ani, Z.-C., Yasin, A., Husin, M.-Z. & Hamid, Z.-A. « A Method for Group Formation Using Genetic Algorithm ». *International Journal on Computer Science and Engineering*, Vol. 2, N° 9, pp. 3060-3064, 2010.
- [**Arnous, 2014**] Arnous, S. « Conception Générique d'un Outil de Configuration de 'e-TP' ». Thèse de doctorat, INSA de Lyon, France, 2014.
- [**Azough, 2014**] Azough, S. « E-Learning Adaptatif : Gestion Intelligente des Ressources Pédagogiques et Adaptation de la Formation au Profil de l'Apprenant ». Thèse de doctorat, Université de Mohamed V, Rabat, Maroc, 2014.
- [**Bekele, 2005**] Bekele, R. « Computer-Assisted Learner Group Formation Based on Personality Traits ». Thèse de doctorat, University of Hamburg, Hamburg, Germany, 2005.
- [**Benmohamed, 2007**] Benmohamd, H. « ICTT@Lab: Un Environnement Informatique pour la Génération et l'Exécution de Scénarios de Télé-TP ». Thèse de doctorat, Institut National des Sciences Appliquées de Lyon, France, 2007.
- [**Charlier et al., 2000**] Charlier, B., Daele-Françoise, A., Hecquet, D.-G. & Lebrun, M. « Learn-net une expérience d'apprentissage collaboratif à distance ». 1ère Biennale des Chercheurs en Sciences de l'Education, Bruxelles, Belgique, 2000.
- [**Chouchani, 2010**] Chouchani, I. « Utilisation d'un Algorithme Génétique pour la Composition de Services WEB ». Thèse de doctorat, Université du Québec, Montréal, Canada, 2010.
- [**Cooper et al., 2002a**] Cooper, M., Donnelly, A. & Ferreira, J.-M. « Remote controlled experiments for teaching over the Internet : a comparison of approaches developed in the PEARL project ». Conférence ASCILITE (Australian Society for Computers in Learning in Tertiary Education), Auckland, Nouvelle Zélande, 2002.
- [**Cooper et al., 2002b**] Cooper, M., Colwell, C. & Telmo, A. « Accessibility and usability in complex webbased learning applications: lessons from the PEARL project ». In *proceedings of the Corporations, Government, Health, and World Conference on E-Learning in Higher Education*, pp. 1358-1365, Montreal, Canada, 2002.
- [**Craft & Bekele, 2006**] Craft, S. & Bekele, R. «Forming Heterogeneous Groups for Intelligent Collaborative Learning System with Ant Colony Optimization». In *proceedings of intelligent Tutoring Systems*, pp. 217-226, Springer Berlin Heidelberg, Germany, 2006
- [**Fortin et al., 2011**] Fortin, L., Filiault, M., Plante, A. & Bradley, M.-F. «Recension des écrit sur le regroupement homogène ou hétérogène des élèves». Chaire de recherche de la

commission scolaire de la région-de-sherbrooke sur la réussite et la persévérance scolaire, 2011.

[Frayssinhes, 2011] Frayssinhes, J., «Les pratiques d'apprentissage des adultes en FOAD : et des styles et de l'auto-apprentissage». Thèse de doctorat, Université Toulouse II Le Mirail (UT2 Le Mirail), France, 2011.

[Haj-Rachid et al., 2010] Haj-Rachid, M., Bloch, C., Ramdane-Cherif, W. & Chatonnay, P. «Différentes Opérateurs Evolutionnaires de Permutation: Sélections, Croisements et Mutations». Laboratoire d'informatique de l'université de franche-comte, EA 4269, 2010.

[Henri & Lundgren-Cayrol, 2001] Henri, F. & Lundgren-Cayrol, K. «Apprentissage collaboratif à distance ». Presses de l'Université du Québec, Canada, 2001.

[Holland, 1975] Holland, J. «Adaptation in Natural and Artificial Systems ». MIT Press, Michigan , USA, pp. 27-56, 1975.

[Hui-Wen et al., 2015] Hui-Wen, T., Yu-Shih, C., Yi-Chun, C. & Chih, C. «A Genetic Algorithm-Based Multiple Characteristics Grouping Strategy for Collaborative Learning». In Advances in Web-Based Learning–ICWL 2013 Workshops, pp. 11-22, Springer Berlin Heidelberg, Germany, 2015.

[Hwang et al., 2008] Hwang, G.-J., Yin, P.-Y., Hwang, C.-W. & Tsai, C.-C. «An Enhanced Genetic Approach to Composing Cooperative Learning Groups for Multiple Grouping Criteria». Journal of Education Technology & Society, Vol. 13, N° 3, pp. 32-42, 2008.

[Julián et al., 2012] Julián, M.-C., Demetrio, A.-O., Rosa, M.-V. «A Genetic Algorithm Approach for Group Formation in Collaborative Learning Considering Multiple Student Characteristics». Computers & Education, Vol. 58, N° 1, pp. 560-569, 2012.

[Lassouaoui & Nouali, 2004] Lassouaoui, L. & Nouali, N. «Les Algorithmes Génétiques Application à la Segmentation des Images». Revue d'Information Scientifique et Technique (RIST), Vol. 14, N° 2, pp. 27-56, 2004.

[Lelevé et al., 2002] Lelevé, A., Meyer, C. & Prevot, P. «Télé-TP: premiers pas vers une modélisation». In Technologies de l'Information et de la Communication dans les Enseignements d'ingénieurs et dans l'industrie, pp. 203-221, Lyon, France, 2002.

[Lin et al., 2010] Lin, Y.-T., Huang, Y.-H., & Cheng, S. C. «An Automatic Group Composition System for Composing Collaborative Learning Groups Using Enhanced Particle Swarm Optimization». Computers & Education, Vol. 55, N° 4, pp. 1483–1493, 2010.

[Mahdi et al., 2012] Mahdi Barati Jozan, M., Taghiyareh, F. & Faili, H. «An Intersession-based Genetic Algorithm for Grouping of Students». In proceedings of the 7th International Conference on Virtual Learning, pp. 152-161, Romania, 2012.

[Mechta, 2012] Mechta, D. «Plate-forme pour les Travaux Pratiques à Distance sur le Web». Thèse de doctorat, Université Ferhat Abbas, Sétif, Algérie, 2012.

[Mucchielli, 1973] Mucchielli, R. «La dynamique des groupes ». Edition ESF, p. 183, 1973.

[Ramdane, 2011] Ramdane, M. «Un Environnement de Travail Collaboratif Dédié aux Travaux Pratiques à Distance». Mémoire de magister, Université de Mouloud Maamri de Tizi-Ouzou, Algérie, 2011.

[**Roethlisberger & Dickinson, 1939**] Roethlisberger, F.-J. & Dickinson, W.-J. «Management and the Worker». Cambridge, Mass : Harvard University Press, p. 615, 1939.

[**Rong-Chang et al., 2012**] Rong-Chang, C., Chien-Ting, C., Ming-Hung, C. & Shu-Ping, S. «A Genetic Algorithm of Team Composition Optimization in a Physical Education Program». In Information and Business Intelligence, pp. 51-56, Springer Berlin Heidelberg, Germany, 2012.

[**Sananes, 2006**] Sananes, O. «Enseignement du français à distance : l'expérience pakistanaise». Apprentissage des Langues et Systèmes d'Information et de Communication (ALSIC), Vol. 8, N°1, pp. 239-244, 2006.

[**Souquet & Radet, 2004**] **Souquet, A. & Radet, F.-G.** «Algorithmes Génétiques». Mémoire de Master, Université de Nice, France, 2004.

[**Thomas & Murat, 2004**] Thomas, V. & Murat, Y. «Présentation des Algorithmes Génétiques et de leurs Applications en Economie». Revue d'économie politique, pp. 711-745, 2004.

[**Wang et al., 2007**] Wang, D.-Y, Lin, S.-S. J. & Sun, C.-T. «DIANA: A Computer-Supported Heterogeneous Grouping System for Teachers to Conduct Successful Small Learning Groups». Computers in Human Behavior, Vol. 23, N° 4, pp. 1997-2010, 2007.

[**URL, 1**] «<http://www.e-doceo.net/definition-e-learning.php>» (Consulté le: 05/02/2016).

[**URL, 2**] «http://formation-e-reputation.fr/isabellegonon/Travail_collaboratif_wch/co/collaborer_participer.html» (Consulté le: 05/02/2016)

[**URL, 3**] «http://www.ac-versailles.fr/public/jcms/p1_284496/journee-detude-constituer-une-communaute-educative-pour-construire-le-vivre-ensemble» (Consulté le: 15/06/2016).

[**URL, 4**] «<http://enterhunt.com/pdf/c-quelques-elements-de-dynamique.html>» (Consulté le: 15/06/2016).