



HAL
open science

INTELLIGENCE COLLECTIVE DANS LA CLASSE

Sylvie Fornero, Jean-Claude Regnier

► **To cite this version:**

Sylvie Fornero, Jean-Claude Regnier. INTELLIGENCE COLLECTIVE DANS LA CLASSE. SIEF 2022, UNIGE, Sep 2022, LAUSANNE, Suisse. hal-03961712v1

HAL Id: hal-03961712

<https://hal.science/hal-03961712v1>

Submitted on 29 Jan 2023 (v1), last revised 18 Apr 2023 (v2)

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

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

Copyright

INTELLIGENCE COLLECTIVE DANS LA CLASSE.

Impact des interactions et autres facteurs sur l'intelligence collective dans des groupes de travail restreints au collège.

Sylvie FORNERO

Doctorante UMR 5191 ICAR Université Lumière Lyon2, France;

Directrice de l'ISFEC-CEPEC de Lyon

sylviefornero@aol.com

Jean-Claude REGNIER

Professeur des universités, UMR 5191 ICAR Université Lumière Lyon2, France;

émérite, National Research Tomsk State University

jean-claude.regnier@univ-lyon2.fr

RÉSUMÉ

Notre recherche exploratoire porte sur le concept scientifiquement non stabilisé d'intelligence collective. Si ce terme est désormais abondamment employé en sciences de gestion (Gréselle-Zaïbet, 2019), en informatique et en sociologie (Lévy,1994), il est quasiment absent des sciences de l'éducation, comme si les groupes d'enfants et d'adolescents en étaient dépourvus. Après une revue de littérature et une définition syncrétique et tridimensionnelle du concept, à la fois comme capacité d'un groupe à résoudre un problème, émergence lors de la collaboration et produit de ce processus, nous cherchons à identifier ses caractéristiques dans le cadre de situation d'enseignement-apprentissage de mathématiques.

1 Introduction

Il existe de nombreuses études qui postulent l'existence d'intelligence collective dans un groupe de travail. Elle est souvent souhaitée, préparée, facilitée par la mise en œuvre de conditions favorables, son émergence est parfois constatée par les résultats produits mais parfois aussi elle n'advient pas. Rien ne se passe, ou pire ce qui advient est vécu comme un échec, une aporie, une régression. Il demeure par conséquent autour de ce concept à définir beaucoup d'interrogations. C'est dans ce cadre de réflexion que nous avons initié un travail de doctorat afin d'explorer plus avant ce concept d'intelligence collective, et de le mettre à l'épreuve d'une recherche universitaire. Notre recherche exploratoire porte donc sur ce concept scientifiquement non stabilisé. Le terme appartient désormais au champ de nombreuses disciplines : Sociologie (Lévy,1994), Sciences de gestion (Gréselle-Zaïbet, 2019), Informatique, Éthologie (Théraulaz, 1994). Sa pénétration universitaire est également croissante, avec une chaire d'Intelligence collective à Ottawa occupée par Pierre Lévy, un centre dédié au MIT dirigé par Thomas W. Malone, un département de l'université Mohammed VI etc.. Néanmoins il est quasiment absent des sciences de l'éducation, comme si les groupes d'enfants et d'adolescents en étaient dépourvus.

A travers une recherche exploratoire, nous cherchons à observer si les interactions au sein des groupes, mais aussi d'autres variables, comme les variables contexte ou composition du groupe, ont un impact sur le phénomène couramment appelé *intelligence collective* que nous tentons d'objectiver. Il s'agit de mieux comprendre les dynamiques socio-cognitives qui sont en jeu dans la résolution de problèmes en groupe en observant les variables opérant au moment de l'émergence de réponses. Nous tentons également d'explorer les représentations des acteurs, élèves et enseignants, leur évaluation de l'efficacité groupale et de l'intelligence de leur groupe pour voir si cela peut avoir un impact sur l'efficacité du groupe, le rapport entre les ressources mises en œuvre et le résultat obtenu. A travers l'étude des interactions, nous tentons d'entrer

dans la boîte noire de ce qui se joue lors des échanges et comment un construit collectif apparaît. Nous nous intéressons aussi au rôle de l'enseignant dans cette émergence d'intelligence collective, si elle a lieu. Quelle posture pédagogique adopte-t-il ? Quelle est la situation didactique mise en place ? Nous espérons contribuer ainsi à une meilleure compréhension de l'intelligence collective et à la réflexion pédagogique sur la facilitation de l'intelligence collective en classe.

2 Cadre théorique

Notre visée n'est pas de confirmer ou d'infirmer des cadres théoriques existants, mais dans une démarche exploratoire d'éclairer les données à l'aide d'outils conceptuels pertinents. Cette approche éclectique *est plus riche, et même parfois plus « juste » car le métissage théorique n'est pas seulement un luxe, c'est dans certains cas une nécessité* (Kerbrat-Orecchioni.C, 1990) Concernant l'apprentissage et l'activité notre approche est nourrie du socio-constructivisme, Vygotski (1929) , Leontiev (1959) , Engeström (1987). Concernant l'intelligence collective, notre cadre théorique est celui de la pensée complexe développé par Edgar Morin, qui considère l'intelligence collective comme émergence, fruit des interactions et rétroactions dans un système complexe, (Morin, 1990), ce qui nous permet de dépasser par la dialogique l'opposition entre une approche réductionniste prétendant prédire l'émergence à partir des éléments présents et une approche systémique considérant l'évolution du système comme imprévisible. (Perru, 2007)

Après une revue de littérature, nous proposons une définition synchrétique et tridimensionnelle du concept,

- L'intelligence collective, c'est la capacité d'un groupe à résoudre un problème,
- C'est aussi une émergence lors de la collaboration
- Enfin, c'est l'aboutissement, le produit de ce processus,

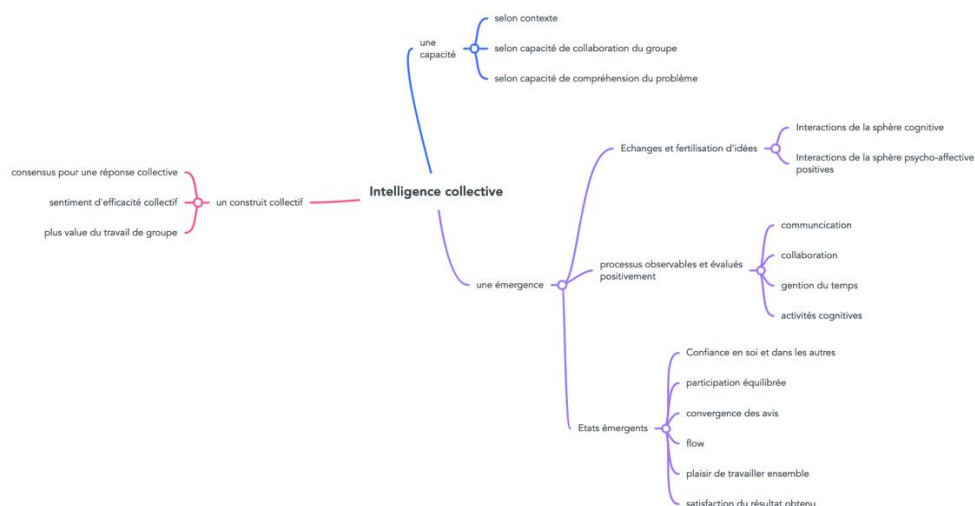


Figure 1 Définition de l'intelligence collective Mind Mapping Application

3 Problématisation de l'objet de recherche

3.1 La question de l'émergence

La question qui se pose à nous est de savoir si l'émergence d'intelligence collective est de l'ordre d'un événement déviant, exceptionnel, anormal, que nous aurons donc du mal à décrire de façon statistique, ou si nous pourrions établir des convergences entre les variables qui permettront de dessiner une voie d'accès pour ce phénomène.

Si dans le cadre théorique de la complexité, l'intelligence collective est une émergence qu'on se propose ici d'explorer, se pose tout naturellement la question de savoir si on peut agir sur les conditions de cette émergence ou si elle advient de façon imprévisible. Si certains facteurs se répètent d'une fois à l'autre, cela permettra de préciser quel est le terreau favorable à cette émergence, s'ils sont uniques, nous ne pourrions que la constater, sans pouvoir en délimiter les conditions favorables. On peut proposer une définition simple de l'émergence à partir de l'adage *le tout est plus que la somme des parties* attribué à Aristote (Aristote, Métaphysique, livre V, 1045, 8-10, IV^e siècle av JC). Cette citation est cependant tronquée. Dans la traduction de Jules Tricot, on lit

En effet, pour tout ce qui est pluralité de parties, et dont la totalité n'est pas comme une simple juxtaposition de parties, mais dont le tout est autre chose que l'assemblage des parties, il y a une cause d'unité. (Aristote, Métaphysique, livre V, 1045, 8-10, IV^e siècle av JC).

Aristote établit donc un rapport de causalité et de nécessité entre les parties et le tout. (Perru, 2007) Morin reprend la notion d'émergence pour compléter cette idée du tout, cependant il complète la citation attribuée à Aristote en ajoutant que le tout peut être également moins que la somme des parties, car l'organisation du tout peut inhiber certaines qualités des parties. (Morin, 2014).

Nous retiendrons pour la notion complexe d'émergence la définition de Morin :

Toute organisation est créatrice de qualités ou réalités nouvelles par émergence. L'émergence est le type de réalité nouvelle, dotée de qualités et propriétés propres, qui se forme, se constitue, se concrétise à partir de l'assemblage organisateur d'éléments non dotés des qualités et propriétés de cette réalité. (Morin, 2017).

3.2 La question de la complexité

Se pose alors la question de la prévisibilité de cette émergence. Olivier Perru compare l'approche de différents biologistes sur cette idée d'émergence et plus particulièrement sur l'idée que le tout est plus que la somme des parties. S'il est évident pour tous que le plus ne peut être quantitatif (le tout n'est pas plus grand ou plus lourd), il y a un désaccord sur la question de savoir si ses qualités sont déductibles des parties. Il montre que leurs interprétations singulières soulèvent des questions épistémologiques de fond entre une vision réductionniste qui permettrait de prévoir de façon algorithmique ce qui émerge des parties en présence, une vision plutôt holistique, où l'on considère le tout comme un ensemble organisé dont la transformation dépend de synergies à l'œuvre, une vision systémique où les émergences dépendent des interactions et rétroactions entre les éléments et marquée par l'imprédictibilité des émergences. Il y aurait donc une contradiction possible entre ces deux types d'approches : l'approche de l'émergence par l'auto-organisation, avec finalement une certaine prédictibilité théorique à partir des parties en présence, et l'approche des systèmes dynamiques, où le

comportement de l'unité totale, est irréductible, imprévisible et évolutif. La question en débat ici étant de savoir si l'on peut établir une "loi des émergences" est au cœur de notre réflexion sur l'intelligence collective.

3.3 Problématisation

A quelles conditions le processus de coopération dans un groupe d'élèves peut-il produire de l'intelligence collective ?

Peut-on dégager une typologie des interactions dans le groupe de travail influant sur l'émergence de l'intelligence collective ? Comment peut-on la mesurer et l'objectiver ? Quels sont ses indicateurs ?

Peut-on agir par des interactions avec les groupes sur l'émergence d'intelligence collective ? Peut-on la susciter et l'exploiter ?

3.4 Énoncés des hypothèses

3.4.1 Hypothèse principale

Nous faisons l'hypothèse que les enfants engagés dans un travail de groupe peuvent vivre une expérience d'intelligence collective au même titre que les adultes concernés par les recherches précédentes et que cette expérience de l'intérêt du collectif est fondamentale pour leur construction intellectuelle et affective.

Les variables liées à l'action de l'enseignant : une **posture pédagogique et didactique** marquée par une grande attention aux besoins des groupes (retrait ou assistance) pour donner un maximum de chance aux productions des groupes d'élèves dans un cadre à la fois sécuritaire et ouvert invitant à l'interaction. La confiance de l'enseignant dans ce processus est selon nous centrale. Cependant, dans le cadre de notre recherche collaborative, il y a peu de variation d'une situation à l'autre, ces variables sont donc peu significatives.

Nous partons de la définition tripartite de l'intelligence collective comme capacité, comme émergence et comme produit.

Pour ce qui est de la **capacité** des groupes, nous faisons l'hypothèse que la capacité des groupes est renforcée par les représentations des acteurs et leur expérience passée si elles sont positives, mais qu'elle n'est pas nécessairement diminuée par la présence de membres à la personnalité divergente. Elle peut même s'en trouver augmentée.

Pour ce qui est de l'**émergence**, nous identifions de nombreuses variables pouvant être des facteurs d'intelligence collective, que nous classons en processus et états émergents : Comme **processus** : communication, collaboration, gestion du temps et activités cognitives Comme **états émergents** : confiance en soi et dans les autres, absorption dans l'activité ou flow, participation de tous, convergence, plaisir de travailler ensemble et satisfaction du résultats.

Pour ce qui est du **résultat produit**, nous nous appuyons sur la quantité et la qualité des échanges dans les groupes, le niveau de convergence du raisonnement, la comparaison entre les travaux individuels et collectifs et l'auto-évaluation par les élèves post travaux de groupes.

Nous faisons l'hypothèse que nous verrons apparaître au cours du processus de travail dans les interactions des signes d'un *état émergent* que nous pouvons qualifier d'intelligence collective, qui se manifestera par la **confrontation et la convergence des raisonnements individuels**.

Ce concept, issu de la théorie behavioriste et des travaux sur le conditionnement humain, désigne les processus mentaux qui échappent à l'observation du comportement visible. Ce qui

se passe dans le cerveau entre l'arrivée d'un stimulus et la réponse comportementale à ce stimulus est renvoyé dans une boîte noire à laquelle nous n'avons pas accès et échappe à l'étude scientifique. (Skinner, 1981) Le seul accès possible à ces processus mentaux étant déclaratif et donc subjectif, il ne permet pas réellement de savoir ce que l'homme pense. Il faut se contenter d'observer ce que l'homme fait. La critique de ce concept de boîte noire est justement de limiter l'étude du comportement humain à un modèle fonctionnel entrée-sortie, en excluant les processus mentaux à l'œuvre, ce que la psychologie cognitiviste va contester et dépasser.

La théorie cognitiviste développée par Bruner par exemple dans *Beyond the information given* (1973) tente d'élucider ce qui se passe dans la boîte noire et considère qu'il existe des états mentaux en lien avec nos actions, qui les expliquent en grande partie, en interaction avec notre environnement. Ces états mentaux sont tous ceux utiles à la connaissance, comme la mémoire, le langage, le raisonnement, l'apprentissage, l'attention, la prise de décision, la résolution de problèmes et depuis les travaux de Damasio inclut également les émotions comme cognition chaude. (Bruner, 1973)

Une étude de 2021 menée par Lyn M. Van Swol et Paul Hangsan Ahn *Inside the Black Box: group processes and the role of communication* se propose de pénétrer à l'intérieur de la boîte noire du travail de groupe, et d'analyser les processus et les états mentaux jusqu'à présent restés invisibles. Les auteurs pointent la difficulté qu'a eu la recherche à comprendre les processus qui sont dynamiques et s'inscrivent dans le temps. Ils évoquent l'avancée qu'a constituée l'étude de Bales, dans sa tentative de codage des interactions dans un groupe du point de vue de l'activité et de la relation. (Bales, 1950). Il a supposé que des groupes différents traitant de sujets différents s'engagent dans des processus similaires qui peuvent faire l'objet d'une observation et d'une classification. Nous nous inspirons de sa typologie pour établir la nôtre.

La distinction entre processus et états mentaux a été théorisée par Marks et al en 2001. Les processus d'interaction ne se confondent pas avec les constructions nommées états émergents, qui sont les propriétés de l'équipe apparues au cours du travail comme la confiance, la motivation, les cognitions communes. Les processus sont les actes interdépendants des membres de l'équipe qui convertissent les intrants en résultats par le biais d'activités cognitives, verbales et comportementales visant à organiser le travail pour atteindre des objectifs collectifs (Marks et al., 2001). La communication dans le groupe observable par les interactions est la condition indispensable pour des états émergents non réductibles aux états initiaux, qui ne peuvent pas être réduits à une série de composants et ne peuvent pas être prédits à partir de ces composants. (Waller et al., 2016). Ce sont les interactions qui fournissent les éléments constitutifs de cette "chose nouvelle" que crée le groupe, observable dans des activités de planification, de coordination, d'échanges d'informations, de questionnement et d'affirmation. On voit donc à l'œuvre dans le travail de groupe ce que Régis Ribette nomme un *double constructivisme*

c'est-à-dire non seulement un ensemble de processus dans lesquels chaque acteur fait évoluer son propre monde intérieur en changeant le regard qu'il porte sur le monde externe, mais aussi un cheminement par lequel le projet collectif va progressivement émerger en tant que résultante finale de tous les efforts individuels. (Ribette, 1995)

Les états émergents peuvent être des états mentaux collectifs qui apparaissent au cours du travail, comme un sentiment de confiance ou d'anxiété partagé, un état de concentration dans la tâche proche du *flow*, également des structures qui émergent au sein des groupes, structures hiérarchiques ou sous-groupes, des productions communes ou construits collectifs (Waller et al., 2016). L'intelligence collective apparaît comme un de ces états émergents davantage que comme un processus.

A travers l'analyse des interactions dans les 9 groupes étudiés, nous chercherons à valider cette hypothèse.

3.4.2 Hypothèses secondaires

Le genre des participants d'un jeune âge n'a pas d'impact sur l'intelligence collective.

La recherche sur l'intelligence collective dans les groupes de travail considère comme facteur déterminant la place des femmes dans les groupes, car elles sont considérées comme plus empathiques et jouent donc un rôle important dans les échanges, l'explication donnée étant qu'elles comprendraient mieux les autres et interviendraient avec plus de diplomatie. Ce facteur de l'intelligence collective a été démontré dans une étude de 2010, publiée dans la revue *Science* associant des scientifiques de l'université de Pittsburg, comme Anita Woolley et du MIT comme Thomas Mallone ou Alex Pentland et ayant été rapportée plus de 700 fois. Cette recherche portant sur un échantillon de 192 groupes d'adultes, 699 personnes au total, démontre l'existence d'un facteur C, facteur général d'intelligence collective, s'inspirant du facteur G de Spearman et se manifestant dans les performances d'un groupe à travers une grande variété de tâches.

L'intelligence d'un groupe est d'après cette étude fortement corrélée au nombre supérieur de femmes dans un groupe. Celles-ci avaient d'ailleurs au préalable obtenu un score supérieur au test de sensibilité sociale *Reading the Mind in the Eyes (méthode RME)* que les hommes. (Woolley and al, 2010). Contribuant de fait aux études de genre, cette recherche établit donc une supériorité du genre féminin sur le masculin en matière de collaboration et d'intelligence collective. Cependant une recherche plus récente de l'université d'Edimbourg ne confirme pas ces résultats. (Bates & Gupta, 2016)

Nous cherchons à vérifier si cela se manifeste également dans les groupes de collégiens observés, sachant qu'une jeune élève âgée de 11 ans n'a peut-être pas les mêmes compétences sociales qu'une femme adulte, et que notre situation de recherche mobilise des compétences mathématiques, ce qui peut également venir interroger le genre des élèves.

Le QI des participants est corrélé à l'intelligence collective.

On considère d'ordinaire que l'intelligence collective n'est pas corrélée à l'intelligence des différents membres du groupe. Un groupe de prix Nobel ne sera pas forcément à même de triompher d'un problème complexe pour peu que leurs ego prennent le dessus et qu'un climat concurrentiel s'installe entre eux. Cette même étude de 2010 postule que la corrélation entre l'intelligence individuelle, mesurée préalablement à l'activité de groupe par des tests psychométriques (à l'aide des *matrices de Raven* et/ou du *Wonderlic Personnel Test* et le facteur C d'intelligence du groupe n'est pas établie. Cette idée est reprise dans une publication du MIT *Handbook of collective intelligence* (Mallone & Bernstein, 2015) L'étude de l'université d'Edimbourg déjà citée tend à montrer le contraire. Notre échantillon contenant plusieurs élèves dont le QI a été mesuré au préalable à notre étude, nous tentons également de voir si le QI individuel est prédictif de la performance du groupe.

L'intelligence collective apparaît le plus souvent dans un kairoV qui est le point d'orgue d'un construit collectif.

Une des variables qui nous intéressent ici est celle du temps. L'intelligence collective apparaissant sous la forme d'une émergence lors d'une résolution de problème, on la représente assez souvent comme une heuristique, une intuition partagée permettant la résolution d'un problème, le moment de la résolution ou moment de convergence des avis. Que dire de ce moment opportun de la résolution ? Prend-il nécessairement la forme d'un *εύρηκα* individuel ou collectif? L'autre chemin de la construction collective peut s'inscrire dans le *χρόνος* plus long du raisonnement construit, du chemin argumentatif partagé, qui progresse de propositions réfutées ou validées jusqu'au consensus de la réponse. Nous chercherons à vérifier comment les résolutions adviennent.

L'intelligence collective n'est pas corrélée à la satisfaction des attendus scolaires

Cette hypothèse est apparue à l'issue de l'observation, à l'écoute des interactions enregistrées (c'est une *progressive hypothesis*, selon Hammersley 2019). Le travail collectif étant marqué par une certaine autonomie des groupes, les interactions se déroulent le plus souvent hors du contrôle de l'enseignant. Le respect du cadre et des règles n'est pas toujours de mise, comme en témoignent les interactions du type humoristique et les jurons. Or le sérieux est généralement considéré comme un préalable nécessaire à la réussite, nous pourrions penser que les groupes les plus sérieux et disciplinés sont aussi ceux qui manifestent le plus d'intelligence collective. Ce présupposé nous semble reposer sur l'idée freudienne de sublimation nécessaire au travail intellectuel. Or il nous est apparu que ce n'était pas toujours le cas et que certains groupes beaucoup moins respectueux du cadre étaient également ceux où le partage d'idées était bien présent. Nous faisons donc l'hypothèse que l'agitation et l'amusement ne signifient en rien l'absence d'intelligence collective. Le conflit socio-cognitif sur le fond peut prendre aussi la forme d'un affrontement plus personnel et quelques noms d'oiseaux s'échangent. Si cela n'est que passager et que le conflit est dépassé, cela n'empêche en rien l'émergence d'idées nouvelles constructives. Nous cherchons donc à valider ou invalider ces différentes hypothèses à travers notre recherche empirique.

4 Approches méthodologiques de la recherche

4.1 Dimension exploratoire de la recherche

Le but de notre recherche est d'examiner un ensemble de données afin de découvrir quelles relations peuvent être observées. Il s'agit de voir quels énoncés peuvent être formulés à partir d'un objet problématique. On doit ainsi poser un postulat ou une hypothèse méthodologique, dont on ne sait pas par avance s'il sera pertinent, mais que l'on doit admettre comme valable pour au moins le mettre à l'épreuve. (Van Der Maren, 2004) Il s'agit de combler un vide, une lacune sur les écrits à propos de notre objet, à savoir l'émergence d'intelligence collective dans un groupe de travail d'élèves. La littérature scientifique concernant l'intelligence collective est abondante en sociologie, sciences de gestion, ou cybernétique mais rare en sciences de l'éducation. Elle se concentre essentiellement sur la question de l'intelligence collective à l'échelle des réseaux, sur la résolution de problème entre des groupes d'adultes en entreprise en sciences de gestion, souvent en lien avec ce que ces observations peuvent apporter à l'intelligence artificielle. Mais la pédagogie coopérative n'a pas réellement approfondi cette question, se concentrant plutôt sur la question de l'apprentissage en groupe, tant de contenus

disciplinaires que de compétences transversales autour de la coopération et de la citoyenneté, question qui est proche mais pas tout à fait identique à celle qui nous occupe. Nous nous intéresserons moins ici à l'apprentissage qu'à la construction collective en situation de résolution de problème. Nous mettrons à l'épreuve nos hypothèses et tenterons de dégager des pistes de recherches futures.

4.2 Démarche de recherche collaborative

La méthode engagée est celle de la démarche de recherche collaborative, démarche issue de la recherche-action, qui consiste à faire de la recherche *avec* plutôt que *sur* et repose sur l'idée que les deux cultures des “savoirs savants” et des “savoirs d'action” peuvent se rapprocher et contribuer ensemble à la construction d'un nouveau savoir. (Desgagné, 1997) Tout d'abord, cette façon de procéder est en adéquation avec notre objet de travail, car elle suppose une démarche de construction avec un partenaire ou plusieurs praticiens de terrain en intelligence collective, en l'occurrence A. Filet, enseignante de mathématique en collège, elle joue sur la production de connaissances ou et sur le développement professionnel des praticiens. Elle contribue au rapprochement entre communauté de recherche et communauté de pratique. L'approche épistémologie consiste donc à donner une place importante au praticien, reconnu comme acteur en contexte compétent, tel que défini dans la théorie de la structuration, c'est-à-dire comme pouvant agir sur l'organisation qui n'est pas une entité figée mais un lieu de structuration en mouvement perpétuel (Giddens, 1987). Il s'agit en fait d'un échange de services entre acteurs qui dans le cadre de cette recherche n'ont pas les mêmes cadres et finalités. L'enseignant cherche à développer et améliorer sa pratique, autour de l'apprentissage des élèves, le chercheur souhaite contribuer à la constitution de connaissances dans un domaine donné.



Figure 2 Modélisation de notre recherche collaborative Source : modèle de recherche collaborative adapté d'après Desgagné (1997) réalisation à l'aide de l'application canva

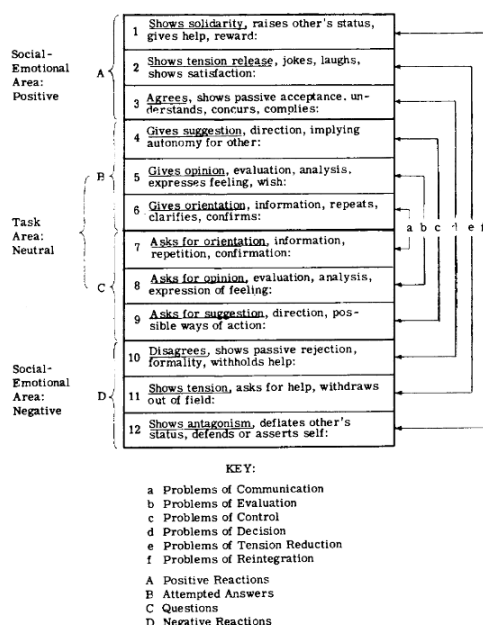
4.3 Approches interactionnistes

On appelle approches interactionnistes ou *interactionnisme* un courant sociologique issu de l'école de Chicago au milieu du XXe siècle, qui a emprunté à différents domaines : psychologie, anthropologie, sciences de l'information et sociologie. Il analyse la société comme le résultat de l'interaction entre les individus qui la composent. Nous retiendrons la définition de l'interaction comme une relation interpersonnelle entre deux individus au moins par laquelle les comportements de ces individus sont soumis à une influence réciproque, chaque individu modifiant son comportement en fonction des réactions de l'autre (Ed et Picard, 1996), les interactions que nous analyserons pourront être verbales ou non verbales. Celles-ci font l'objet d'études de notre laboratoire ICAR (Interaction, Corpus, Apprentissage, Représentation) qui développe une approche de la langue parlée tenant compte des dynamiques et des contextes d'interaction. Cette linguistique interactionnelle s'appuie sur la technique de prise de vue et de son, et sur la transcription des échanges afin de s'appuyer sur la dimension multimodale de la langue en interaction pour en tirer des connaissances sur les champs d'activités observés.

4.4 Typologie des interactions

La taxinomie de Robert Bales est celle qui nous a semblé la plus pertinente pour notre travail. Robert Bales fut un des premiers avec Kurt Lewin à analyser la dynamique de petits groupes de personnes, appelés groupes restreints ou groupes primaires, occupés à réaliser une tâche. Son étude centrée sur les interactions lui permit d'aller à l'encontre d'un préjugé fréquent à ce moment-là : l'idée que les groupes de travail s'organisaient pour être le plus efficaces possible pour accomplir la tâche attendue selon une logique fondée sur l'échange d'informations techniques. Il mit en évidence dans ses observations l'importance des relations socio-affectives et la place qu'elles prenaient dans les échanges. Il constata également que la personne qui manifestait le plus de technicité ou de compétences n'était pas nécessairement un leader positif ni perçue positivement par les autres. Il chercha à vérifier s'il y avait une corrélation entre la quantité d'interactions et la qualité des relations. Il parvint à une typologie des profils de participants, selon trois facteurs : supériorité individuelle, aide aux travaux des autres et sociabilité. Il distingua le leader positif, le spécialiste de la tâche, le spécialiste social, le déviant sur-actif et le déviant sous-actif. Il apparaît que les classements d'après l'activité, la compétence dans la tâche et la sympathie inspirée doivent être traités comme trois facteurs distincts, car il y a tendance à ne pas y avoir de corrélation entre eux, lorsque l'on considère une population importante, en nombre de personnes, de séances et de groupes. (Bales, 1972). Sa taxinomie des interactions dans un groupe a largement inspiré celle que nous avons établie et qui est orientée sur les indicateurs ou les inhibiteurs d'intelligence collective.

Tableau 1 Taxinomie des interactions selon R. Bales Source : Interaction process analysis: a method for the study of small groups, Chicago, 1950



4.5 La théorie du *Face work* de Goffman

Dans une interaction symétrique, où les participants occupent une position égale, s'opère ce que Goffman nomme un *face work* qui consiste à sauver la face (Goffman, 1974). Au cours de l'échange, certains propos peuvent être menaçants pour la face, définie comme la valeur sociale positive qu'une personne revendique, ce sont les FTA *Face Threatening Acts* (actes menaçants pour la face) (Brown & Levinson, 1978). Dans cette théorie de la politesse, les actes menaçants comme les critiques, les moqueries pouvant toucher tout interlocuteur, l'énonciateur doit veiller à ne pas menacer la face de son interlocuteur pour ne pas menacer la sienne propre. Kerbrat-Orecchioni met en évidence des actes de langage qui loin d'être menaçants sont plutôt valorisants pour ces mêmes faces, et introduit dans le modèle théorique de Brown et Levinson les FFA pour *Face Flattering Acts* (Kerbrat-Orecchioni, 2005).

Tableau 2 : Taxinomie des interactions, adaptée de celle de Bales

Interactions de la sphère socio affective	Impact positif - FFA	- humour, plaisanterie Confidence compliment	V001 V002 V003
	Impact négatif -FTA	critiques, moqueries, ironie Tensions, Rivalité, retrait	V004 V005 V006
Interactions de la sphère cognitives, fonctionnelles sur la résolution de la tâche	Impact positif	Erreur, question, correction, objection, question de méthode réponse à une question, proposition d'idée, reformulation, accord	V007 V008 V009 V010 V011 V012 V013 V014 V015
	Impact négatif	Compétition, obstination dans l'erreur, refus	V016 V017 V018

5 Terrain d'observation

Du fait de notre recherche collaborative, nous nous sommes rendue dans l'établissement de l'enseignante associée à cette recherche. Ce collège se situe à Lyon dans le sixième arrondissement, dans un secteur limitrophe avec la commune de Villeurbanne. Il s'agit d'un établissement privé catholique sous contrat d'association avec l'État. Les effectifs du collège sont en augmentation sur les cinq dernières années et atteignent en 2021 un total de 689 élèves. Les résultats à l'examen du Diplôme National du Brevet situent le collège trois points au-dessus de la moyenne nationale : Enfin les catégories socio professionnelles des parents placent le collège dans le premier groupe "très favorisé et de taille importante" selon l'étude de la DEEP sur les collèges français. Différents projets de classes sont proposés dont l'accueil de publics spécifiques comme les enfants à *Haut Potentiel (EHP)* ou encore les élèves allophones avec une section UPE2A, Unité Pédagogique pour Élèves Allophones Arrivants.

5.1 Situation d'observation

Nos observations se sont déroulées en fin d'année scolaire, en juin 2021 et mai 2022. Dans le cadre de notre recherche collaborative, nous avons observé deux classes de notre collègue, professeur de mathématiques, lors de deux séances de résolution de problème. Les deux situations d'observation présentent des différences que nous allons détailler mais aussi le point commun de mettre les élèves en situation d'interaction symétrique entre pairs, c'est à dire qu'a priori leur compétences et leurs rôles face à la tâche à accomplir sont à peu près équivalents. Les interactions sont donc multidirectionnelles, les membres d'un groupe sont censés rassembler leurs forces, leur savoir-faire et leur savoirs pour atteindre leur but, une résolution de problème à plusieurs. (Orly-Louis, 2014). Malgré le dispositif d'observation, qui se matérialise par la présence de cinq adultes dans la classe (l'enseignante de mathématique, le professeur principal, la chercheuse et deux assistants), la première classe est calme et réceptive, état conforme à l'avis des professeurs sur cette classe qui nous a été transmis par le professeur principal. L'enseignante n'a quasiment pas besoin d'intervenir pour maintenir un niveau sonore correct. Ses interventions sont essentiellement d'ordre méthodologique. L'expérimentation, une résolution du problème mathématiques *Crêpes Party*, s'étend sur deux séances consécutives. Les élèves sont rassemblés dans la même salle, ce qui présente des avantages lors du lancement de l'activité mais qui a provoqué également un effet ruche pendant les échanges qui a rendu la captation sonore inefficace dans certains cas. La composition des groupes a été faite par l'enseignante au préalable selon des critères de compatibilité des membres du groupe au plan social mais aussi cognitif. Les groupes sont plutôt homogènes sur le plan cognitif et hétérogènes sur le plan socio-affectif. Les groupes filmés ont été choisis par l'enseignante selon des critères prédictifs de l'intérêt de la collaboration dans ces groupes, critères non pas académiques de facilité et de fluidité, mais d'intérêt pour la recherche et de conflit socio-cognitif probable. La seconde classe est au quotidien une classe un peu moins calme quoiqu'en progression, comme en témoigne l'avis des professeurs lors du conseil de classe du second trimestre. Elle est plus agitée lors de l'observation. De plus le protocole de recueil de données a été un peu perturbé. Un essaim de guêpes dans la cour a créé une grande agitation interdisant la tenue d'une récréation dans des conditions normales. La passation de la certification Pix pour les autres élèves a monopolisé les ordinateurs, empêchant les réponses encadrées aux questionnaires et un bug informatique a paralysé les ordinateurs du CDI où devait se dérouler la passation du second questionnaire. Les élèves ont été répartis sur deux salles ce qui a permis de meilleures conditions sonores, mais n'a pas facilité le cadrage des groupes. Les groupes de la seconde salle ont été globalement plus agités et moins studieux. Tous les groupes ont pu être

filmés ou enregistrés. Les travaux ont duré 1h30 environ. Se sont succédés une phase de mise en place, des consignes de travail, une phase de réflexion personnelle et un travail de groupe.

6 Échantillonnage

L'échantillon est constitué par les élèves ayant participé à l'expérimentation. Nous ne chercherons pas à évaluer le degré de représentativité de cet échantillon qui demeure un échantillon de convenance non assimilable à un échantillon aléatoire. Dans le cadre de cette recherche exploratoire, il ne nous a pas été possible d'aller plus loin dans le respect des exigences méthodologiques requises par la définition stochastique de la représentativité d'un échantillon vis-à-vis de la population dont il est extrait. L'échantillon complet est composé de 47 élèves de 6^{ème}, répartis sur deux classes. La classe de 6¹ contient 28 élèves, la classe de 6² 19. Le traitement est différent pour les groupes que nous avons pu filmer et/ou enregistrer et pour les autres groupes qui ont réalisé la résolution de problème mais sans que leurs interactions aient pu être recueillies, par manque de matériel technique. Le sous-échantillon est composé des individus dont les interactions ont été transcrites, soit 33 des 47 élèves.

7 Résolution de problème de mathématiques

Le choix s'est porté sur un problème devant nécessairement nécessiter des interactions, ce qui exclut tout problème dont un des participants aurait la réponse a priori, sachant que cette variable ne peut être vérifiée qu'à posteriori.

7.1 Situation complexe et problème ouvert

Un problème qui n'a pas de solution immédiate est un problème pour chercher, un problème ouvert tel qu'il a été théorisé par l'IREM de Lyon (Arsac et Mante, 1991). L'énoncé doit être court, n'induire ni méthode, ni solution, se trouver dans un domaine conceptuel proche des élèves pour qu'ils puissent facilement s'engager dans des essais. Si on l'utilise dans le sens que les mathématiciens lui donnent, un problème est ouvert lorsqu'aucune solution n'a été encore apportée et acceptée par la communauté Mathématique ; ainsi, « est-ce que tout nombre naturel pair supérieur à 3 peut s'écrire comme somme de deux nombres premiers ? » que l'on connaît aussi sous le nom de la conjecture de Golbach dans son assertion affirmative, est un problème ouvert en mathématiques. Mais les problèmes utilisés avec des élèves ou des étudiants peuvent être dits « ouverts » pour exprimer que

« l'énoncé n'induit ni la méthode, ni la solution et qu'en aucun cas, cette solution ne doit se réduire à l'utilisation ou l'application immédiate des derniers résultats présentés en cours » (Arsac et al., 1991).

Ainsi, un problème ouvert doit prendre en compte les connaissances des personnes à qui on le pose et un problème ouvert au cycle 1 pourra ne plus l'être au collège. Un des exercices proposés aux élèves *Crêpes Party* présente une situation ouverte, l'énoncé a été défini en collaboration avec l'enseignant et tient compte du contexte de l'expérimentation (âge, situation de la séance dans la progression des classes...). La ressource est tirée d'Eduscol, fruit d'un partenariat DGESCO – IGEN – IREM de Caen – IREM de Rouen, elle a été réalisée de concert par des professeurs du secondaire, des enseignants-chercheurs et des inspecteurs. Elle s'inscrit dans le cadre de la « Stratégie mathématiques ». Un des trois défis à relever par ce dispositif consiste à proposer une image rénovée des mathématiques au profit d'une attractivité renforcée

de la discipline. Pour répondre à cette ambition, ce document propose de partir de situations actuelles sortant du cadre strict de la classe car ancrées dans la variété du quotidien des élèves ou de leur famille. Le caractère authentique et concret de la situation favorise l'installation d'une véritable dynamique en permettant aux élèves

- de s'appropriier plus facilement un contexte, ferment d'activité mathématique ;
- de donner davantage de sens à l'enseignement des mathématiques ;
- de faire percevoir aux élèves le rôle indispensable des mathématiques, aussi bien pour la compréhension de certains phénomènes que pour la résolution de problèmes.

Les situations présentées sont ouvertes afin de favoriser la construction des compétences mathématiques (chercher, modéliser, représenter, calculer, raisonner, communiquer) et transversales. Nous avons dégagé un groupe de variables liées au problème, sur sa difficulté et les stratégies mises en œuvre par les élèves. Le second problème est un problème ouvert proposé par l'IREM.

Tableau 3 : Énoncé du problème ouvert 2013

L'année 2013 : trouver le plus grand nombre d'entiers entre 0 et... qui sont le résultat d'opérations utilisant les chiffres de 2013, exactement une fois chacun et uniquement ces chiffres. Pour chacun de ces nombres, trouver un maximum d'écritures différentes à partir des chiffres 2/0/1/3 dans cet ordre. Exemple : comment trouver zéro à partir de 2/0/1/3 ?
Ce peut être $2 \times 0 \times 13 = 0$

Effectivement selon la définition donnée par Arzac et Mante (1991), il en a toutes les caractéristiques. L'énoncé est court, la solution n'est pas évidente, tout élève peut démarrer sa recherche par tâtonnement, il n'induit pas la méthode de résolution, la solution est accessible par plusieurs modes de raisonnement (algébrique, logique, géométrique...). Ce problème a une histoire (Aldon, 2020). Il a été proposé aux collégiens lors du Rallye de Mathématiques à Lyon en 2013 par le groupe d'enseignants de l'IREM organisateurs du rallye, afin de poursuivre l'expérience Polymath, lancée en 2009 par Tim Gowers, médaille Field 1998, menée à une échelle internationale et qui se poursuit (<https://polyMATHprojects.org/>). Fondée sur l'intelligence collective planétaire, l'expérience vise à proposer à des mathématiciens du monde entier de chercher à résoudre ensemble des problèmes non résolus. Il s'agissait tout d'abord de trouver une nouvelle preuve combinatoire à la version de densité du théorème de Hales-Jewett, ce qui fut fait en quelques mois grâce à une quarantaine de contributeurs, et sous l'impulsion de Terence Tao, médaille Field 2006.

8 Données

Nous nommerons *données* les éléments recueillis auprès des acteurs ou des situations observées que nous avons retenus pour notre recherche, bien que nous soyons consciente que ce sont quasiment tous des constructions que nous avons suscitées par notre expérimentation, que les comportements observés, les paroles prononcées sont fortement conditionnées par les conditions-mêmes de la recherche, et que le terrain a pu être modifié par les conditions de l'observation. Nous avons établi une base de données de 130 variables quantitatives et qualitatives autour de capacité, émergence, produit.

8.1 Données primaires mixtes

Nous disposons de captations vidéo et audio (11 heures 45 de films et/ou fichiers son), de questionnaires (Limesurvey) complétés par les élèves avant et après la séance de résolution de problème, de façon à recueillir leurs représentations et leur évaluation, de traces de l'activité

(fiche préalable individuelle, réponse collective du groupe), questionnaires complétés par l'enseignante pour évaluer les réponses individuelles et collectives, d'un entretien avec l'enseignante suite à l'observation, de l'énoncé des problèmes, de l'avis des professeurs sur les classes, du positionnement des groupes par l'enseignante selon leurs capacités à comprendre et leur capacité à collaborer.

8.2 Données secondaires

Outre les statistiques fournies par l'établissement, nous avons transcrit l'ensemble des interactions à l'aide du logiciel Elan, nous avons codé toutes les interactions selon notre taxinomie, nous avons procédé au séquençage des échanges autour des tâches du groupe (selon Mac Graph). Nous avons également codé les processus et états émergents.

9 Résultats provisoires du traitement des données

Par l'analyse quali-quantitative des données (Régner, 2022), nous cherchons à identifier l'impact des interactions sur l'émergence d'intelligence collective ainsi que d'autres facteurs qui interviennent. Nous procédons pour cela à des statistiques descriptives, à des tests statistiques, à la caractérisation de variables analyse factorielle à l'aide du logiciel SPAD, *Système Pour l'Analyse de Données* à de l'ADT, Analyse de Données Textuelles, à l'aide du logiciel TROPES et à de l'Analyse Statistique Implicative, ASI, avec le logiciel CHIC.

9.1 Analyse des travaux de groupe

Dans cette phase de l'analyse, nous tentons d'entrer dans la boîte noire, c'est-à-dire de comprendre un peu mieux ce qui se joue lors du travail de groupe en analysant les différentes données dont nous disposons. Nous cherchons à travers la diversité des neuf groupes étudiés à saisir des traits communs aux situations, aux profils, aux interactions qui puissent expliquer les processus et les états émergents, et en particulier l'intelligence collective. Nous avons repris les réponses au questionnaire préalable de chaque membre de façon à évaluer les facteurs considérés comme favorisant comme le Sentiment d'Efficacité Collectif (Bandura, 2003) ou les représentations positives sur le travail de groupe. Nous y avons ajouté des données issues de l'observation et des données issues du questionnaire enseignant. Les représentations exprimées sont des représentations individuelles, issues de trois sources : le chercheur lors de l'observation, les élèves et l'enseignant, à deux stades différents du travail (avant et après la séquence de résolution de problème). A partir des données du questionnaire successif au travail de groupe, et de l'auto-évaluation sur la séance de travail, nous avons dégagé les quatre processus suivants que les élèves ont notés de 1 à 10, ce qui nous a donné une idée de la qualité des processus à l'œuvre pendant le travail :

- Communication
- Collaboration
- Gestion du temps
- Activités cognitives

De leurs interactions et de leurs questionnaires, nous avons également dégagé les six états émergents suivants (d'après Marks & all, 2001) :

- la confiance, étant entendu à la fois comme la confiance en soi et dans son collectif (Bandura), et comme la confiance interpersonnelle, ou l'absence de confiance
- le flow comme absorption cognitive ou son contraire la dispersion,

- l'inclusion de tous ou le retrait, la mise à l'écart
- la convergence des avis ou la divergence
- le plaisir de travailler ensemble ou le déplaisir
- la satisfaction du résultat obtenu ou l'insatisfaction

Nous proposons de représenter les processus et émergences dans le groupe à travers le modèle suivant :

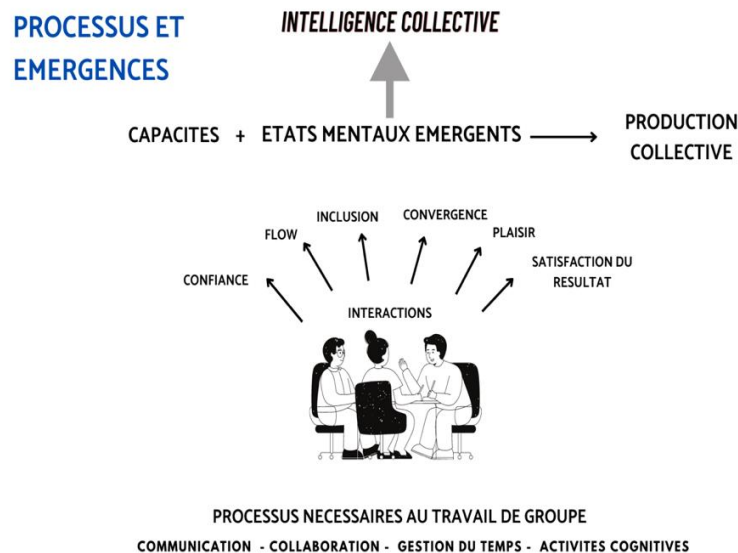


Figure 3 processus et émergences dans les groupes de travail, application Canva

Enfin, nous sommes partie à la recherche des *Zones d'Intelligence Collective*, définies comment les moments où le groupe se mobilise et se resserre autour de la proposition d'un des membres et où les idées se fertilisent pour aboutir à la résolution ou à une avancée significative de la réflexion. (De Vincenzo, Massari, Giannoccaro, Carbone & Grigolini, 2018). A partir de l'évaluation des élèves et de l'enseignant, des interactions, du séquençage, des processus et des états émergents, nous avons estimé pour chaque groupe si leur collaboration a été profitable ou si au contraire cela a échoué, en évaluant l'intelligence collective de chaque groupe sur une échelle de 0 à 6.

Les neuf groupes étudiés nous fournissent un panel varié, avec des différences importantes de potentiel et de comportement. Les processus et les états émergents à l'œuvre dans les groupes témoignent de cette diversité. Les interactions sont une fenêtre ouverte sur ce fonctionnement des groupes et donnent une couleur du groupe, selon l'importance accordée aux catégories définies par Bales, sphère cognitive ou sphère affective positive ou négative. On voit clairement que les quatre premiers groupes ceux de la 6¹ qui se trouvent en avant sur le graphique se sont montrés davantage respectueux du cadre, plus centrés sur les activités cognitives à droite du graphique que ceux de la 6². On voit également que les interactions liées à la méthode ont été plus nombreuses dans les groupes de la seconde classe, ce qui est certainement lié à la nature du problème ouvert.

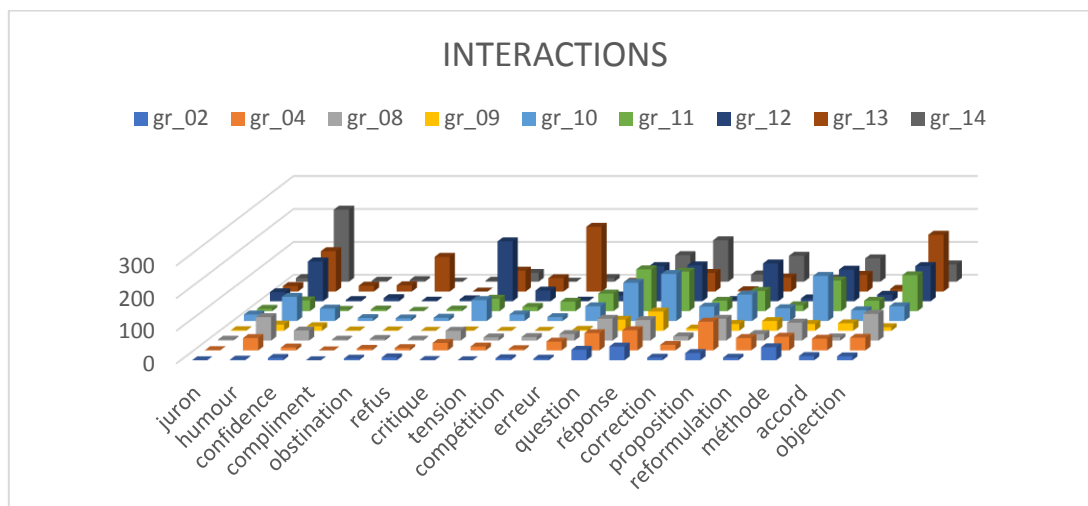


Figure 4 Graphique des interactions en par groupe

La comparaison des deux graphiques suivants met l'accent sur le profil différent des deux classes, dans l'investissement de la sphère cognitive en particulier. Quelques pics significatifs comme l'humour des groupes 12, 13, 14, la rivalité, l'obstination, les objections au sein du groupe 13 sont de bons indicateurs du climat de groupe.

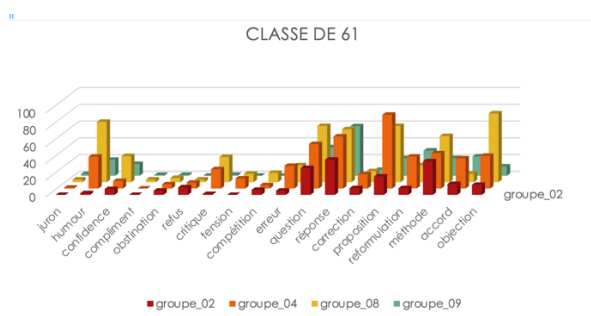


Figure 5 Graphique des interactions en 6-1 par groupe

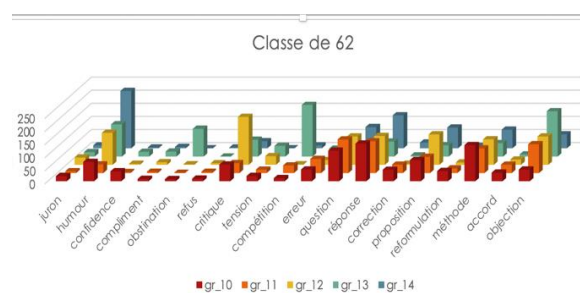


Figure 6 Graphique des interactions en 6-2 par groupe

On observe un lien entre les processus à l'œuvre et les états émergents. Des processus évalués positivement sont liés à un bon niveau d'états émergents. On peut noter la relative cohérence dans les processus des groupes 2, 4 et 14.

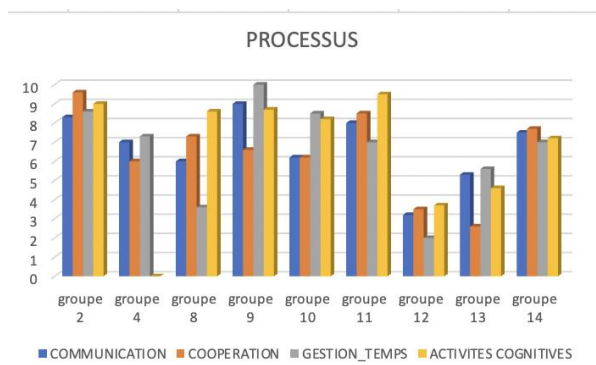


Figure 7 Graphique de comparaison des processus par groupe

Concernant les états émergents, nos neuf groupes se répartissent donc sur une échelle de 1 à 6. Aucun des groupes n'est associé à tous les états émergents positifs, ce qui indique que dans chaque groupe on a pu observer au moins un point faible (sur la participation de tous, sur le *flow*, sur le climat de groupe), ce qui n'a pas empêché des émergences positives. 5 groupes obtiennent un bon score avec 5 indicateurs sur six, deux groupes avec 4 indicateurs sur six. Deux groupes se montrent inférieurs avec des processus défailants et des états émergents plutôt négatifs.

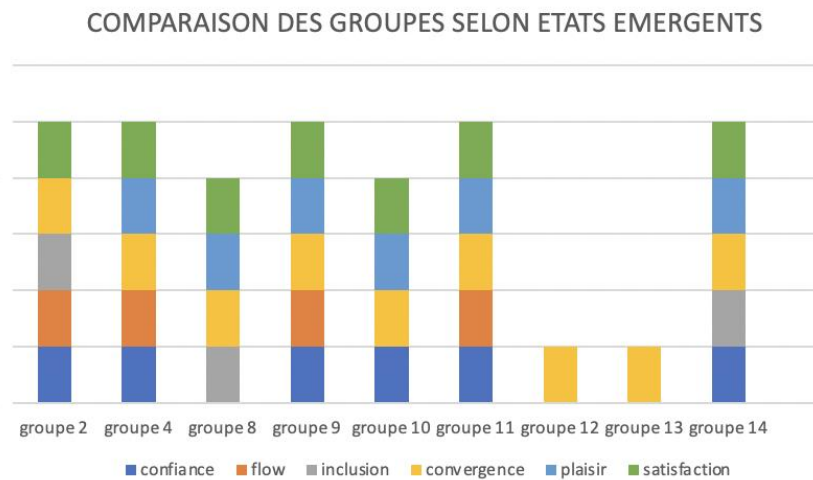


Figure 8 Graphique de comparaison des états émergents

On constate que tous les groupes manifestent de la convergence à certains moments de leurs échanges même si c'est de façon inégale. En revanche on peut voir que le sentiment de confiance collectif n'est pas toujours solide, et que le *flow*, comme concentration, ou absorption dans la tâche a été peu fréquent. C'est la participation de tous ou inclusion qui apparaît comme le point faible de nombreux groupes, avec des variations possibles : confiscation de la parole par un des participants (groupes 9 et 11), retrait volontaire d'une personne moins participative ou moins en confiance (groupe 10), ou exclusion d'un des membres trop divergent (groupe 12) ou quasiment muet (groupe 4).

Parmi les 9 groupes observés, 2 ont manifesté une très faible confiance, une absence de concentration, du déplaisir, une insatisfaction du résultat produit, des divergences profondes conduisant à de l'exclusion. Ils ont tout de même rendu une réponse collective. Mais ils obtiennent un score d'intelligence collective faible de 1/6. Les 7 autres groupes ont beaucoup mieux fonctionné manifestant selon les groupes de la confiance, du *flow*, la participation de tous, de la convergence, du plaisir à être ensemble, de la satisfaction du résultat obtenu. Ils obtiennent des score de 4 ou 5/6.

Cette analyse des travaux de groupes nous permet de valider notre première hypothèse. Les groupes d'enfants et d'adolescents peuvent vivre des expériences d'intelligence collective mais comme pour les adultes cela peut aussi ne pas advenir. Pour reprendre Edgar Morin, complétant Aristote, le tout peut être également moins que la somme des parties, car l'organisation du tout peut inhiber certaines qualités des parties. (Morin, 2014). C'est ce que nous avons pu observer dans les groupes 12 et 13 de notre échantillon.

10 Mise à l'épreuve des hypothèses et interprétations

10.1 Première hypothèse secondaire : *Genre des participants*

Nous avons confronté la variable *genre* aux différentes variables portant sur les représentations concernant le travail de groupe afin de vérifier que les filles et les garçons avaient des représentations proches. Les écarts entre les filles et les garçons ne sont pas significatifs, la variable *genre* peut être considérée indépendante des variables portant sur le goût et la vision du travail collectif.

Le croisement de la variable *genre* et de la variable V_068 portant sur la question de savoir si la mixité filles/garçons est importante dans les groupes fait apparaître que les filles sont un peu moins favorables à la mixité dans les groupes que les garçons (12 filles contre 8 garçons). Le test d'indépendance du Khi2 montre toutefois que l'on ne peut rejeter l'hypothèse nulle de l'indépendance de ces variables.

Concernant les processus à l'œuvre dans les groupes, l'évaluation par les filles ou par les garçons est quasiment identique, avec un léger écart, les filles ayant été un peu moins indulgentes.

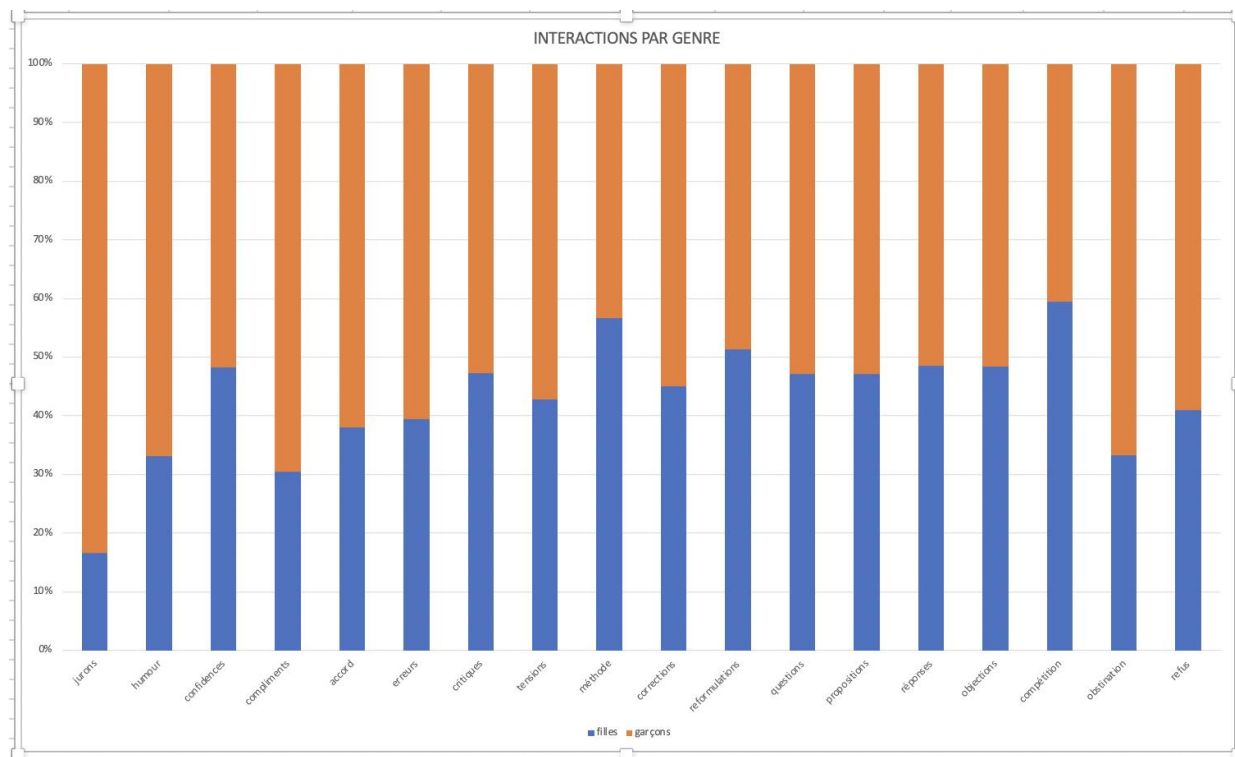


Figure 9 Graphique interactions par genre

Si nous considérons les interactions par genre, dans nos groupes mixtes, nous pouvons constater qu'il y a quasi-équivalence sur l'axe des confidences, des critiques, corrections, reformulations, questions, réponses, objections. Mais les filles parlent moins que les garçons, disent moins de grossièretés, plaisantent moins, s'obstinent moins. Elles parlent davantage de la méthode, et se comparent davantage aux autres groupes ou aux autres membres du groupe. Nous pouvons en déduire une participation quasi équivalente aux activités cognitives mais un plus grand respect du cadre et un souci de la méthode, du respect des consignes et de la compréhension de l'exercice.

conclusion sur le lien entre le genre de jeunes participants de 11 ans en moyenne et l'intelligence collective du groupe.

Dans les groupes 8 et 13, nous pouvons observer des comportements similaires, même si dans le groupe 13, le leadership n'a pas pu réellement s'installer et permettre au groupe de fonctionner. Dans les états émergents, on peut donc observer dans trois des groupes mixtes un leadership féminin sur la conduite de la tâche. En revanche nous ne trouvons pas de traces manifestes d'empathie ou de diplomatie dans les propos des filles de notre échantillon. Les remarques sont plutôt directes voire agacées.

Tableau 5 : Interactions dans le groupe 8

	<i>TOM tapote le micro</i>
MEL	ah ça c'est les garçons!
RAZ	ils s'appellent tom et vic
MEL	arrête arrête TOM !

Même s'il est hasardeux de tirer ici une conclusion sur le lien entre le genre de jeunes participants de 11 ans en moyenne et l'intelligence collective du groupe, nous rejoignons ici les travaux en sociologie de l'éducation sur les stéréotypes de genre, et plus globalement sur le traitement éducatif différencié, familial et scolaire des filles et des garçons qui se nourrit de stéréotypes et les perpétue. De nombreux travaux ont été réalisés sur ce point depuis l'ouvrage fondateur d'Elena Gianini Belotti *Du côté des petites filles*. (Gianini Belotti, 1973). Les sociologues de l'éducation se sont particulièrement intéressés aux interactions différenciées entre professeurs et élèves, garçons et filles, pointant le fait que globalement les enseignants interagissent davantage avec les garçons qu'avec les filles, leur donnent des exercices plus difficiles, en particulier en mathématiques (Legrand, 2016). Concernant les représentations très différenciées des enseignants, citons l'étude de Jacques Gleyse qui interroge 850 étudiants de Master1 en MEEF sur les 5 adjectifs qualificatifs correspondant le mieux à des filles et des garçons de classe de sixième. Il est clair que les représentations des futurs enseignants et éducateurs mettent en avant un sérieux et une conformité aux attendus scolaires supérieurs chez les filles que chez les garçons (Gleyse, 2021).

Tableau 6 Les adjectifs les plus attribués au garçons et fille de sixième

Filles	Garçons
Appliquées	Agités
Bavardes	Bagarreurs
Emotives	Sportifs
En binômes	Non scolaires
« Fashion victims »	Directs
Font des coups en douce	En groupes
Littéraires	Testent les limites
Matures	Jeux vidéos
« Pestes »	Scientifiques
Pipelettes	Provocateurs
Propres	Sales
Sages	Conflictuels
Scolaires	Bruyants
Stodieuses	Immatures
Sérieuses	Compétitifs

Source Gleyse, 2021

Nos observations sur le rôle des filles dans les groupes ne diffèrent pas de ces conclusions et leur contribution à l'intelligence collective est manifestement conforme aux thèses de Nicole Mosconi (2009) ou Marie Duru-Bellat (2005). Les filles de notre échantillon ont manifesté moins de confiance en leurs compétences mathématiques mais elles se sont comportées de

manière plus responsable et mature et par leur recadrage ont permis l'aboutissement de travaux de groupe qui étaient mal engagés.

10.2 Deuxième hypothèse secondaire : *Le QI des participants de notre échantillon est corrélé à l'intelligence collective mais c'est une corrélation négative.*

Les élèves EHP sont considérés par l'enseignante capables de comprendre à 75%, et quatre d'entre eux sont considérés comme experts, les élèves de l'autre sous-échantillon à 66,7%. Leur capacité à collaborer semble même supérieure à celle de leurs camarades, la variable 118 profil et la variable 035 capacité à collaborer pouvant être considérées comme dépendantes. Concernant leur sentiment d'efficacité collectif, il est comparable à celui des autres élèves. Seulement 2 élèves se sentent incapables ou pas vraiment capables de réussir, contre 4 élèves pour l'autre profil. Concernant leurs représentations, elles diffèrent sur deux points : 30% d'entre eux sont en désaccord avec l'idée qu'on est plus intelligent à plusieurs que tout seul, contre 3,8% dans l'autre groupe, ce qui suppose que ces élèves abordent le travail de groupe avec moins de confiance dans le processus de collaboration ou moins de conviction pour son intérêt, le test d'indépendance du KHI² confirmant que l'on peut considérer les deux variables comme dépendantes.

Enfin le profil des EHP rejette en bloc l'idée du besoin d'homogénéité de niveau dans les groupes, contrairement à l'autre sous-échantillon, qui admet cette idée à 26,9% , les deux variables pouvant être considérées comme dépendantes au test d'indépendance du KHI². On voit qu'il y a peu de différences entre les deux profils concernant les représentations sur le travail de groupe et la manière dont ils l'abordent, avec cependant plus de scepticisme sur l'idée d'être plus intelligent à plusieurs, et une préférence marquée pour l'hétérogénéité de niveau. Notons que c'est une des caractéristiques du profil d'élève souvent citée que d'avoir des performances scolaires (le niveau ?) en deçà de leur capacités de compréhension, et que c'est peut-être une des explications de cette réponse. Globalement les processus à l'œuvre pendant les travaux de groupe sont moins bien notés à l'issue du travail par les élèves du profil EHP que par les autres, qui traduisent ainsi une certaine insatisfaction à l'issue du travail de groupe.

Tableau 7 : Évaluation des processus par profil

PROFILS	COMMUNICATION	COLLABORATION	GESTION_TEMPS	ACTIVITES_COGNITIVES
EHP	6,21	6,07	6,17	6,89
N	7,51	7,16	7,23	8,82
écart	1,30	1,09	1,06	1,93

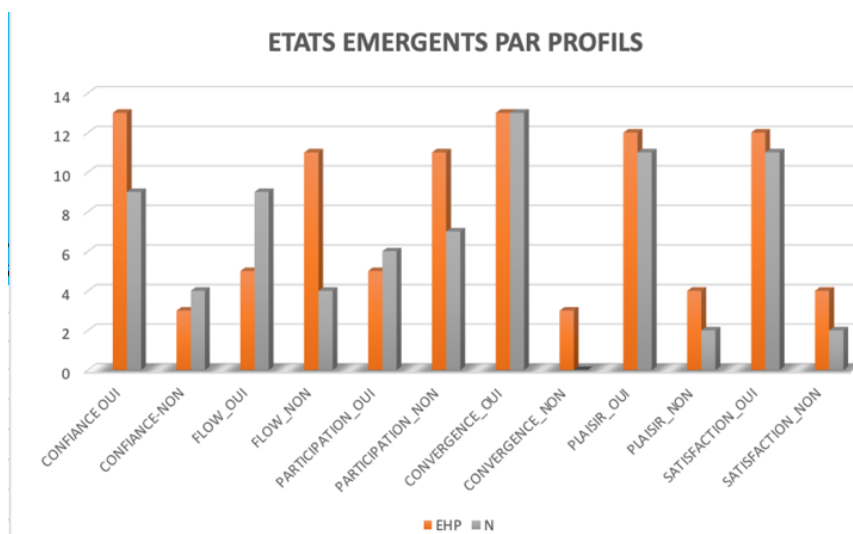


Figure 11 États émergents par profils

Tableau 8 Décomposition de la variance de la variable Intelligence collective

Décomposition de la variance de la variable « V120_IC »					
Libellé de la variable	Modalité	Moyenne	Effectifs	Variance inter / Variance totale (%)	Variance intra / Variance totale (%)
Individus actifs		29			
Moyenne		4,241			
Écart-type (N)		1,501			
Variance totale (N)		2,252			
V-profil		4,241	29	10,1	89,9
	HPI	3,813	16	4,5	86,4
	N	4,769	13	5,5	3,5

Afin de pouvoir comparer les interactions par profils, nous avons dû tenir compte du temps de travail, qui a été en moyenne 2,48 fois plus long pour le profil N que pour le profil EHP, en raison de conditions d'observation différentes. Nous avons donc appliqué ce coefficient multiplicateur aux interactions des EHP pour pouvoir les comparer à celle de l'échantillon N. Nous obtenons le tableau suivant :

Tableau 9 : Tableau des interactions par profils (moyennes)

Interactions	Jurons	Humour	Confidences	Compliments	Refus	Obstination	Critiques	Tensions	Erreurs	Questions	Réponses	Corrections	Propositions	Reformulations	Méthode	Accord	Objections	Compétition
EHP	16,6	108,2	12,9	8,7	5,3	18,4	70,1	19,4	31,7	93,1	110,9	21,4	75,2	15,6	89,7	20,9	89,8	8,7
N	3,4	91,2	41,8	3,0	9,6	9,3	36,9	14,4	39,2	118,6	143,4	27,8	124,9	62,4	96,5	50,3	97,1	16,7

Nous constatons des différences importantes dans les interactions de la sphère socio-affective, que ce soit positive ou négative, un moindre respect du cadre avec davantage de grossièretés et de traits d'humour. Globalement, les élèves EHP ont échangé plus de propos en lien avec la relation dans le groupe (humour, critiques), et moins de propos en lien avec la sphère cognitive : questions, réponses, propositions, reformulation, ce qui est à mettre en lien avec certains traits du profil EHP, comme le grand besoin de reconnaissance de ses capacités, l'empathie pouvant aller jusqu'à la contagion émotionnelle ou encore le besoin d'harmonie et de résolution de conflits.

Les différences notables entre les deux profils observés concernent surtout la concentration, ou *flow*, et la participation de tous. Effectivement, l'ambiance des groupes a été plus agitée dans la classe concentrant le profil EHP, en partie en raison de la nature du problème ouvert, qui a créé une forme d'incompréhension et d'excitation, en partie en raison de la situation le jour de l'observation comme expliqué plus haut (cour impraticable, informatique en panne). Néanmoins on peut mettre ces données en lien avec le profil observé, en particulier avec la

pensée divergente, la difficulté pour certains à s'insérer dans un groupe, la difficulté à expliquer l'origine de ses réponses apparues comme des heuristiques.

On peut considérer comme dépendantes, selon le test du KHI², les variables *profil* et *flow*, or pour certains groupes la difficulté à se concentrer, à s'immerger dans la tâche que nous avons apprécié aux nombres de digressions, aux tensions générées par l'agitation de certains élèves, aux critiques exprimées est clairement à l'origine du *fiasco* constaté pour deux groupes d'élèves aux profil EHP.

Concernant la contribution du profil EHP à l'intelligence collective, on peut considérer qu'elle est inférieure à celle du profil N, le profil EHP obtenant un score moyen de 3,81 points sur 6 points, le profil N un score de 4,76. Cette différence s'explique en grande partie par le *fiasco* de deux groupes composés d'élèves EHP, l'un car l'amusement et la rivalité ont pris le dessus et l'autre car les tentatives de recadrage puis l'exclusion d'un des membres ont empêché l'aboutissement d'une pensée commune et construite. Le QI des participants n'est donc pas dans notre échantillon un prédicteur suffisant de l'intelligence du groupe (contrairement à l'étude de Woolley, Mallone, Pentland, 2010) Les élèves HP de notre échantillon ont globalement moins bien respecté les règles et les consignes et ont eu plus de mal à s'organiser et à collaborer. Même si certains groupes ont été très efficaces, le profil ne semble pas être le facteur déterminant de cette efficacité pour notre échantillon.

10.3 Troisième hypothèse secondaire : *formes manifestes de l'intelligence collective*

Notre question est de savoir si l'intelligence collective se manifeste dans les groupes observés, plutôt sous la forme d'heuristiques, pensées de circuits courts, du type « *j'ai compris, j'ai trouvé, j'ai une idée, on a trouvé* » qui s'inscrivent dans un *kairos* identifié comme le bon moment, le moment opportun, ou plutôt des cheminements argumentatifs longs, en forme de pas déductifs, qui s'inscrivent dans le *chronos* du travail de groupe, où les pensées se fertilisent mutuellement, à travers des interactions de types questions-réponses, reformulation, propositions d'idées, erreurs et corrections d'erreurs. Notre hypothèse est que ces deux modes d'émergence sont possibles et sont corrélés au type de problème posé et au profil des élèves. Pour vérifier cette hypothèse, nous procédons à une analyse textuelle des interactions à la recherche du lexique de la découverte et de l'heuristique.

À l'aide du logiciel Tropes, nous avons cherché les occurrences du verbe TROUVER, qui nous semble être le bon représentant de cette recherche lexicale autour de l'EUREKA. Tous ses emplois ne correspondent pas à une résolution, mais les pics de fréquence sont tous significatifs d'une phase de recherche et de résolution.

10.3.1 Méthode : Analyse des Données Textuelles logiciel Tropes

On peut à l'aide du graphe en bâtons afficher l'histogramme de la référence. Ce graphe est construit en divisant le texte en épisodes comprenant un nombre égal de mots et en calculant la fréquence d'apparition de la référence à l'intérieur de chaque secteur. Cela présente l'intérêt de montrer outre la fréquence, la répartition dans le temps.

0087 faire	0048 faire	0037 avoir
0060 pouvoir	0018 être	0036 faire
0045 avoir	0018 avoir	0035 être
0043 être	0017 diviser	0035 pouvoir
0025 mettre	0011 pouvoir	0018 mettre
0016 falloir	0008 aller	0010 aller
0015 aller	0007 falloir	0009 rester
0012 dire	0006 dire	0008 attendre
0012 expliquer	0006 attendre	0007 dire
0010 savoir	0005 émerger	0005 inviter
0010 écrire	0004 marquer	0005 calculer
0009 vouloir	0004 inviter	0004 vouloir
0009 inviter	0004 voir	0004 travailler
0009 prendre	0004 sortir	0003 écrire
0007 manquer	0004 rester	0003 demander
0006 marquer	0004 comprendre	0003 ne_pas_savoir
0005 attendre		0003 arrêter
0005 voir		0003 falloir
0004 comprendre		
0004 compliquer		
0004 calculer		
0003 permettre		
0003 donner		
0003 acheter		
0003 répondre		
0003 devoir		

Figure 12 Verbes employés par les groupes 2, 4 et 9

Les groupes 2, 4 et 9 n'ont pas employé ce verbe, ils ont cheminé de calculs en calculs, d'ingrédient en ingrédient avant d'en arriver au beurre, élément limitant. On est clairement ici dans un *chronos* de la réflexion, plutôt circuit long que circuit court. La résolution finale dans ces groupes intervient comme la conséquence logique des étapes qui précèdent, quand ils en viennent à calculer combien de fois ils peuvent faire la recette avec le beurre disponible.

Il ressort que nous pouvons admettre que les deux modes d'émergences sont possibles et sont corrélés au type de problème posé. Le problème ouvert 2013 dans sa formulation a suscité davantage d'émergences en pics. Nous proposons cette représentation graphique des émergences d'intelligence collective en boucles ou en pics.

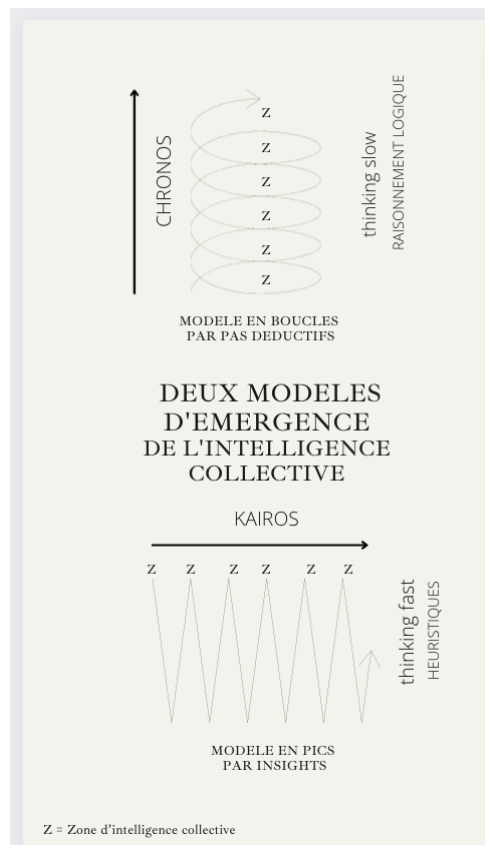


Figure 13 Modélisation des deux modes d'émergences en pics et en spirales

10.4 Quatrième hypothèse secondaire relative au lien entre intelligence collective et respect du cadre scolaire

Nous faisons l'hypothèse que l'intelligence collective n'est pas toujours liée au respect du cadre scolaire. Profil de l'élève *Divergent suractif* qui ne satisfait pas en termes de comportement aux attentes scolaires mais qui se montre néanmoins indispensable à l'IC du groupe. *the "legitimate expectations" which each has of the other;* (Bales, 1951 p.72)

Tableau 10 taux de corrélation des variables V114 et V132

	V114_PB_Additive	V114_PB_multiplicative	V114_PB_Autre
V131_EXECUTION_DIGRESSION	0,660	0,630	0,446
V132_HUMOUR	0,361	0,512	0,904

Tableau 11 : 32 tours de parole citant Tomi par les autres membres

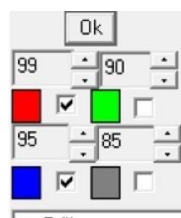
non tomi ne recommence pas / (aparté) tomi il n'a pas compris le principe d'un ordinateur et des emails / deux divisé par zéro tomi/ vingt divisé par un à ton avis tomi/ à ton avis tomi / attendez attendez tomi pas sur les problèmes de la fiche / non tomi \ tomi on voit ta tête /tu sais que tu es filmé tomi / tomi pas touche roh pas touche/ concentre toi sur tomi tomi vingt divisé par treize ça peut faire quelque chose non? faut que je fasse le calcul posé là arrête tomi/ arrête non mais tomi s'il te plaît pourquoi je l'ai pas mis / le soixante / tomi ah tomi /tomi /mais tu sais que rappelle-toi que tomi c'est un vrai cours pourtant/ parlez pas de tomi n'en parlons pas de tomi je parle de toi /tomi/ tomi fais pas ça/ épargne nous ça tomi épargne nous il peut pas si inaudible /tomi rassure moi tu vas pas y lancer /tomi / tu restes assis/ tu peux continuer à en trouver tomi / tomi /tomi moi je travaille au moins /tomi passe pas juste devant la caméra passe pas juste devant la caméra` / madame tomi il a

11 Analyse des données dans le cadre théorique de l'analyse statistique implicative

Afin de mieux comprendre les liens entre nos variables, nous avons créé une base binaire destinée au traitement par le logiciel CHIC dans sa version 7. à l'aide des variables : capacité, émergence, produit, soit 120 variables au total :

11.1 Graphe implicatif

Nous avons réalisé un **graphe implicatif** avec les taux d'implication suivant de 0,99 et de 0,95. :



Le graphe implicatif donne une image des liens existants. Un certain nombre de flèches apparaissent, permettant l'analyse de l'intensité de ces liens sachant qu'un comportement A va entraîner un comportement B. Dans le cas présent, Régis Gras parle de « quasi-implication » : A entraîne presque B ;

Nous obtenons le graphe suivant :

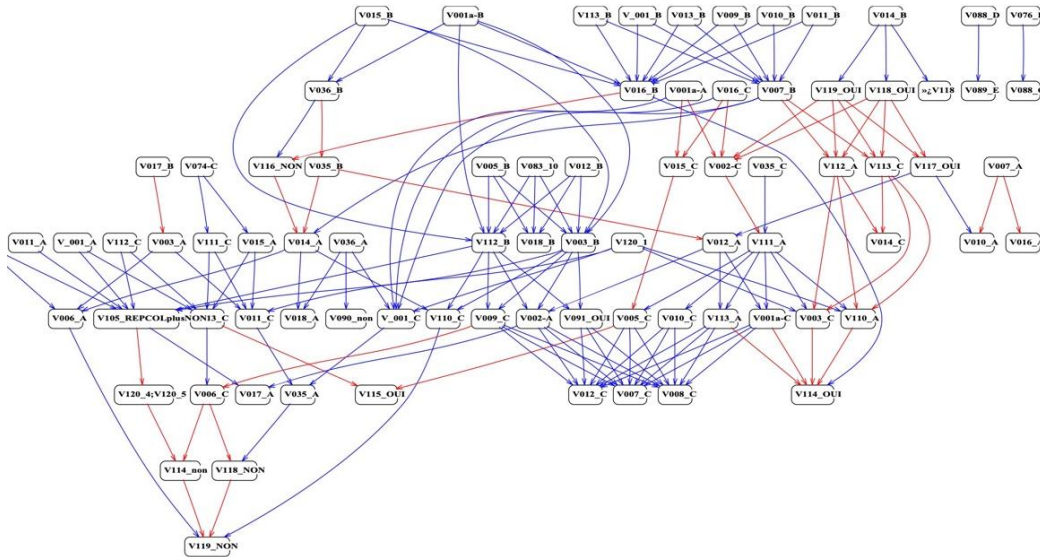


Figure 14 représentation du graphe implicatif avec taux d'implication de 0,99(flèches rouges) et 0,95(flèches bleues)

On obtient un réseau très dense de relations et 2 chemins isolés avec une intensité de 0,95 . Pour faciliter l'analyse, nous avons réduit ce graphe aux implications égales ou supérieures à 0,99

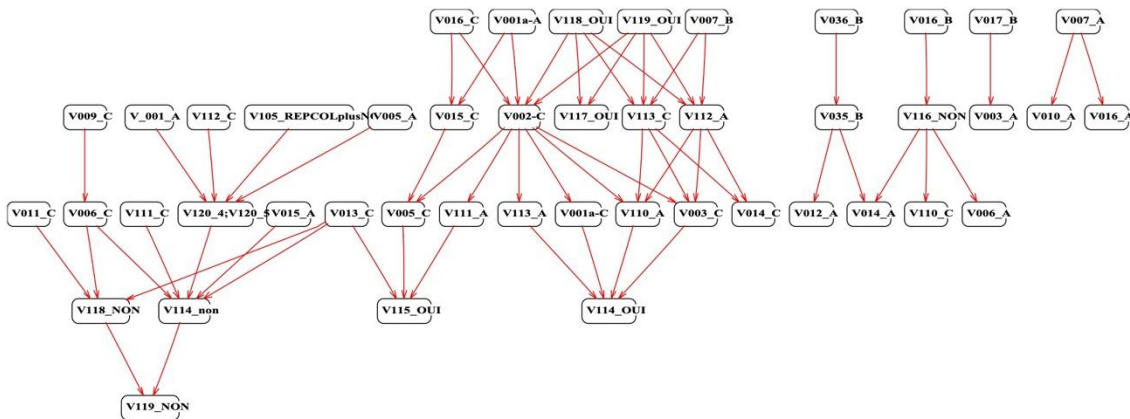
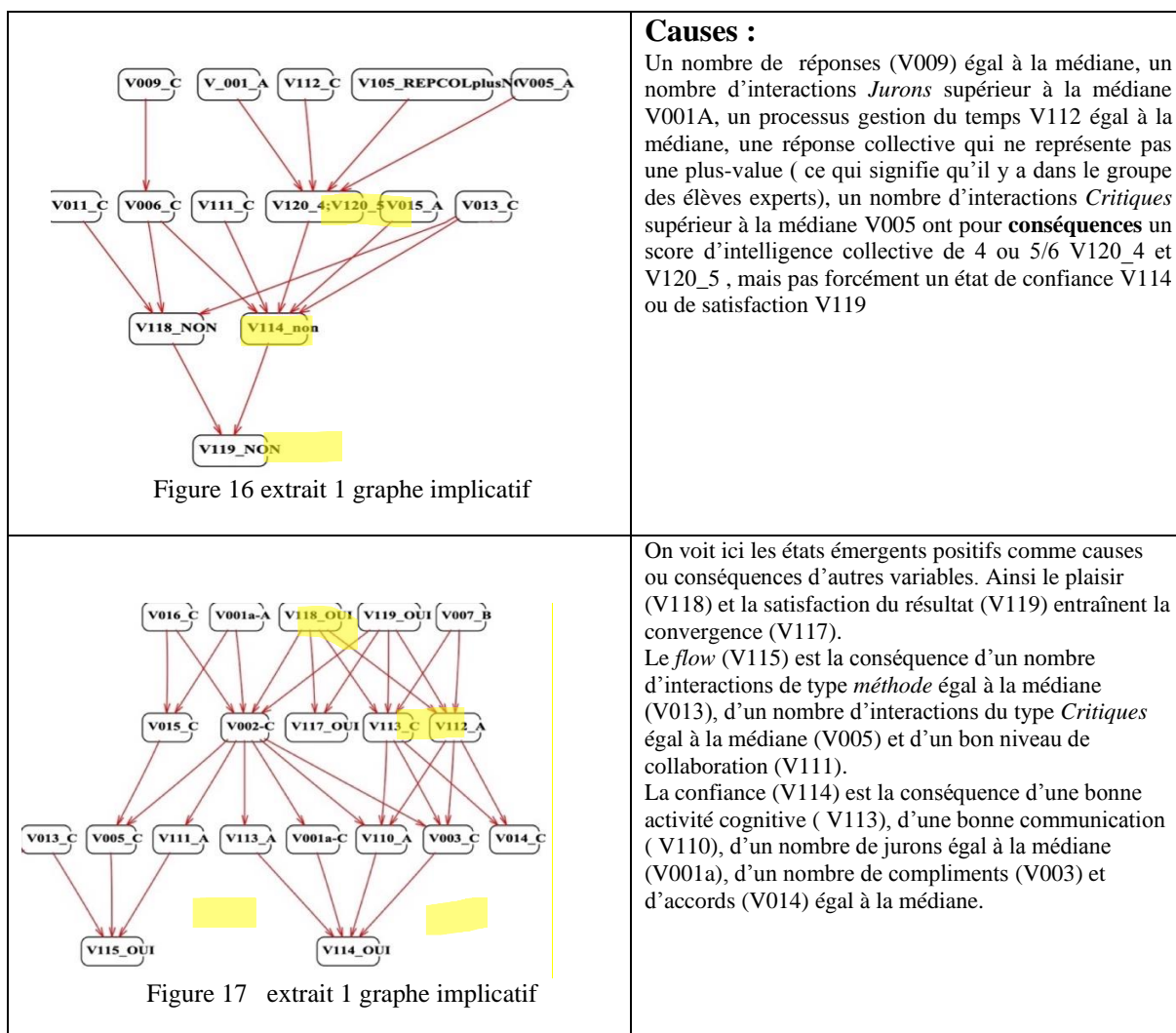


Figure 15 graphe implicatif avec le taux d'implication de 0,99.

Nous voyons apparaître 5 sous-réseaux que nous décrivons de gauche à droite,

- 1 réseau de 33 variables
- 1 réseau de 8 variables
- 1 réseau de 3 variables
- 1 réseau de 2 variables

Nous nous intéressons pour l'étude de ce graphe implicatif aux chemins qui nous éclairent sur les conditions d'émergence d'intelligence collective, à savoir les chemins qui aboutissent à des états émergents positifs et négatifs ou à la variable V120, score d'intelligence collective, modalités 1, 4 ou 5



Le graphe implicatif nous indique la complexité des liens entre les variables. Effectivement on ne s'attendrait pas à avoir un tel score d'intelligence collective associé à des jurons et critiques en quantité supérieure à la médiane. Cela correspond pourtant à plusieurs groupes observés qui sont performants et trouvent de bonnes réponses malgré un faible respect du cadre et un climat de travail pas toujours serein.

11.2 Arbre cohésitif

Nous avons ensuite réalisé une **classification hiérarchique orientée** des variables de cette base, utilisant la procédure **arbre cohésitif** du logiciel CHIC : L'arbre cohésitif, qui associe les variables en classes de variables, dégage leur cohésion. Il se traduit par une hiérarchie descendante qui emboîte les classes. Plus on « descend » dans les associations et moins elles sont fiables.

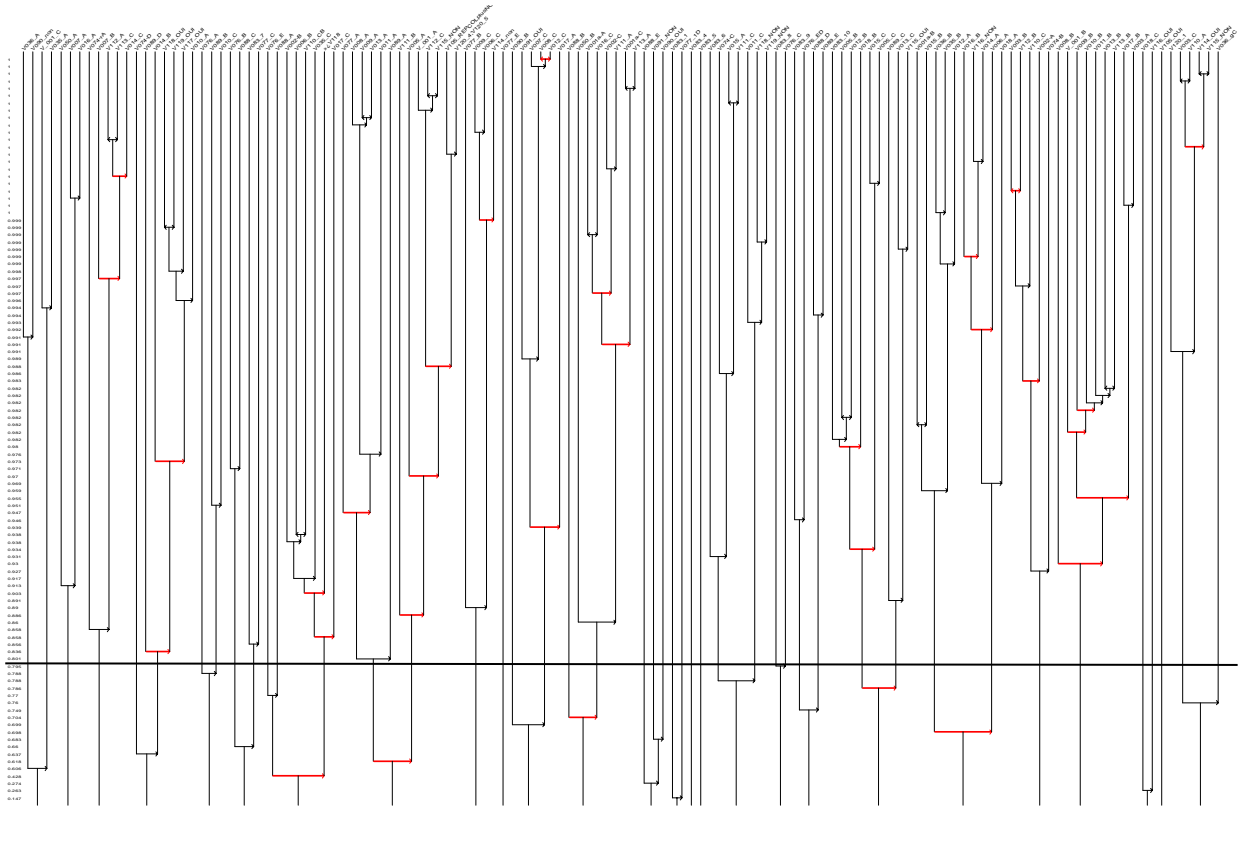


Figure 18 représentation graphique de l'arbre cohésitif formé avec les variables *capacités, émergences, produits*

Nous ne retenons que les classes formées à un niveau de cohésion supérieur à 0,800. Nous obtenons alors 25 classes. Nous les décrivons en annexe en lisant l'arbre cohésitif de gauche à droite. Pour valider notre hypothèse sur les conditions d'émergence de l'intelligence collective, nous nous concentrons sur les classes C11 et C20 et C25 ;

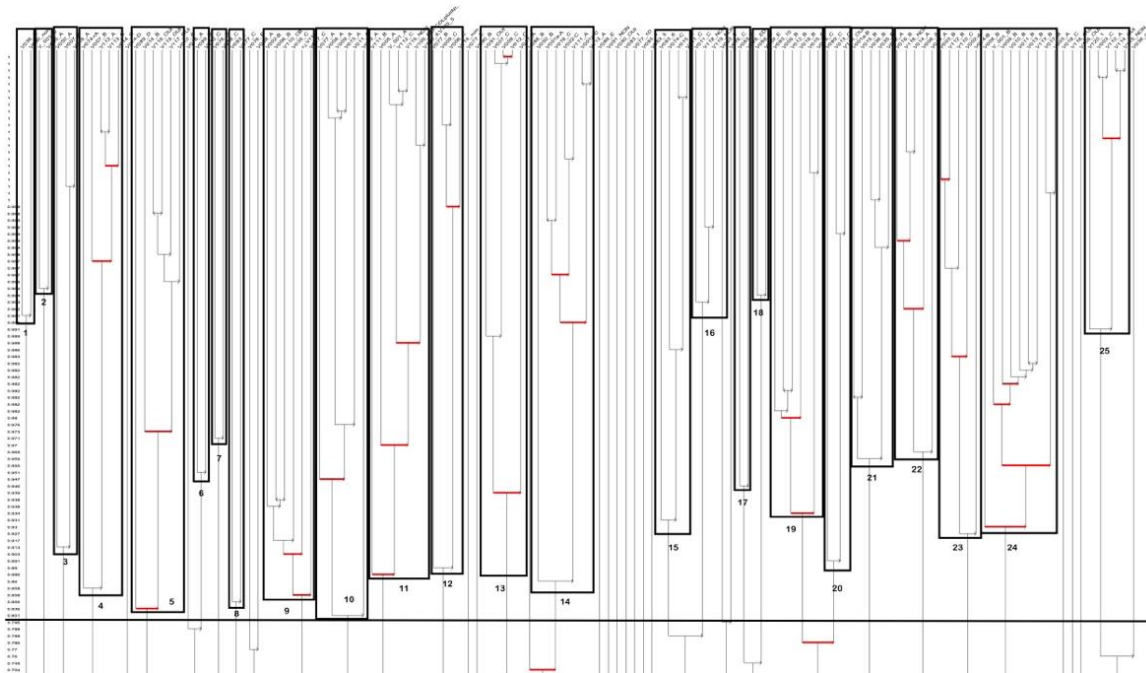
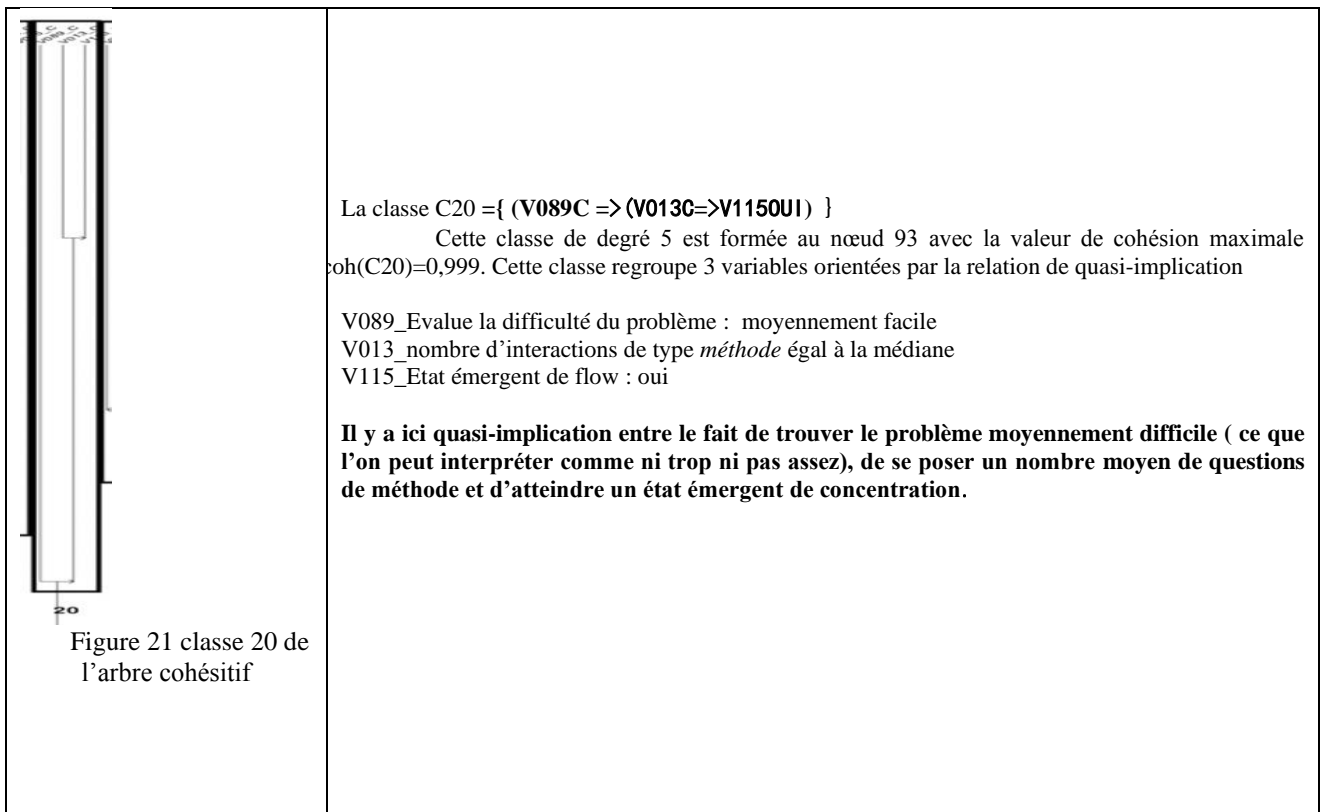
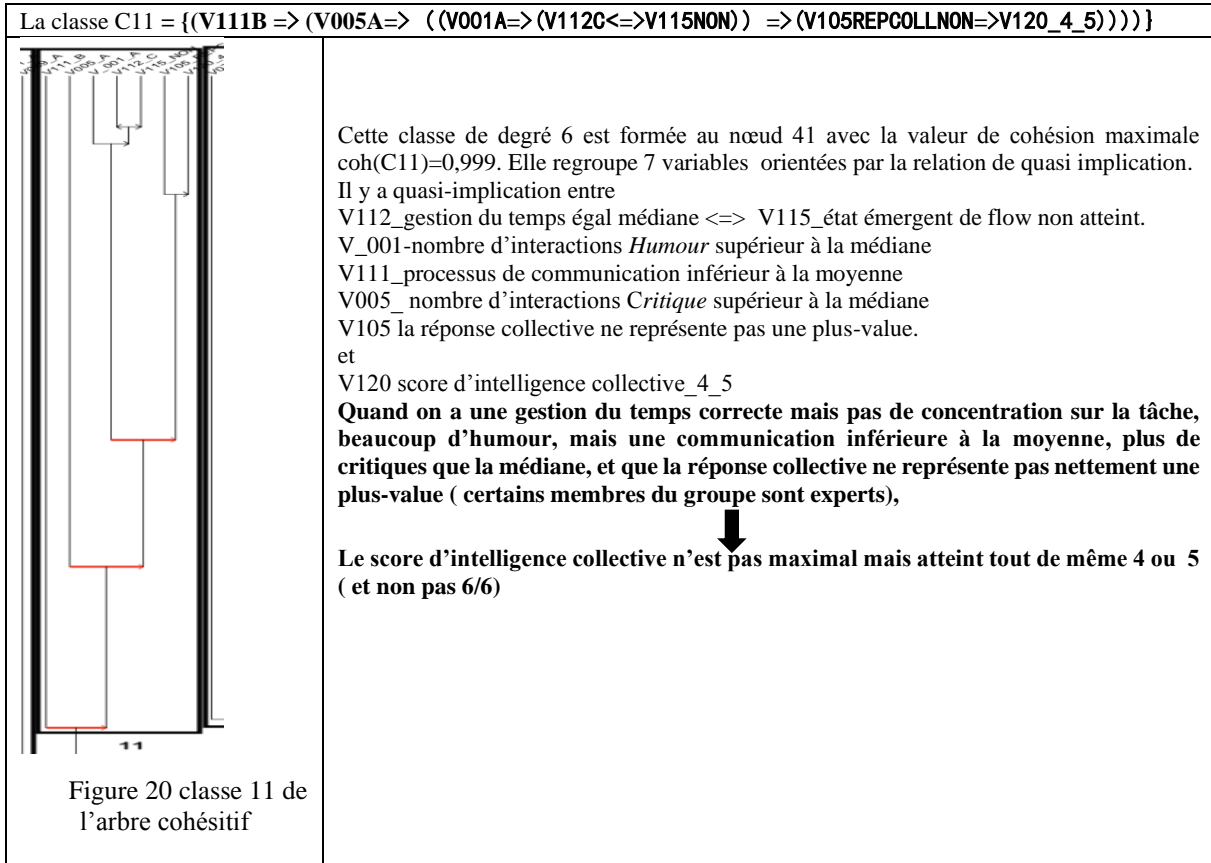
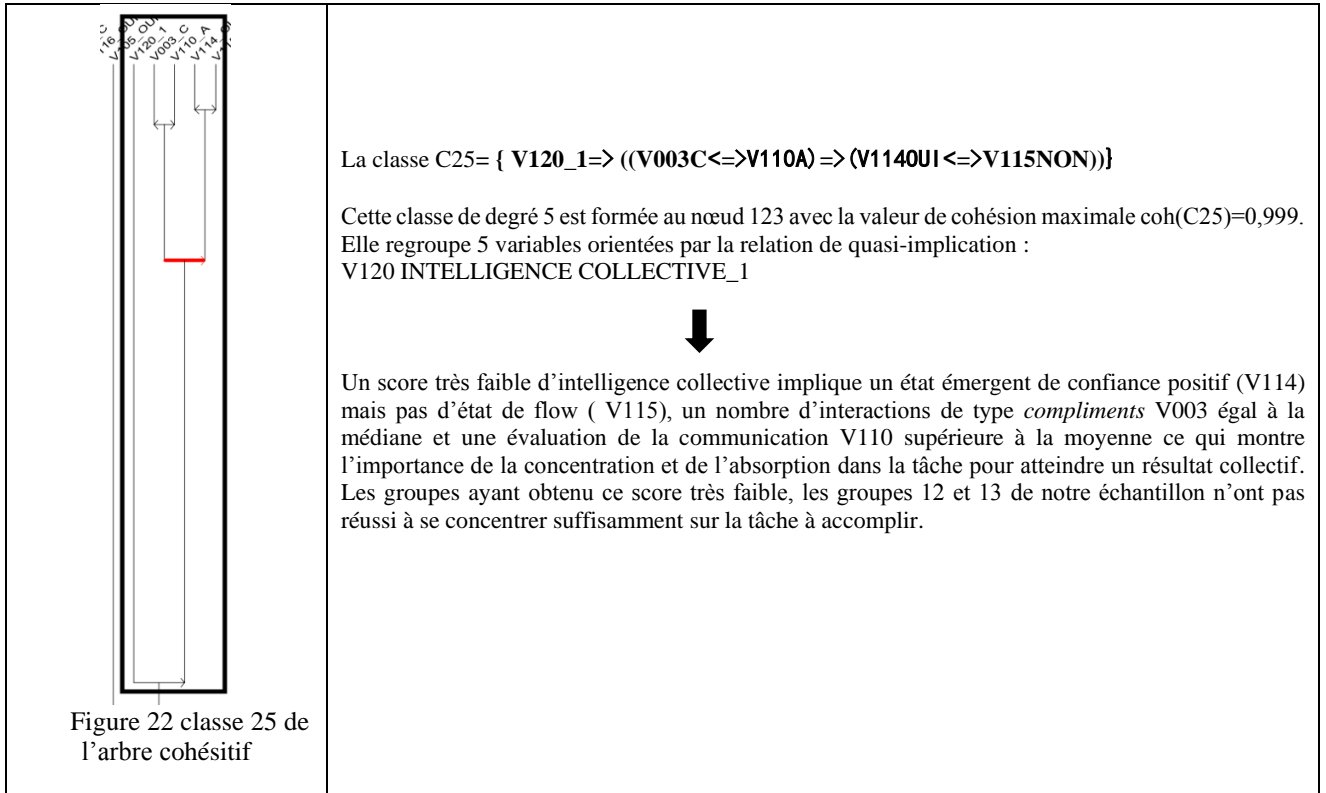


Figure 19 arbre cohésitif avec les 25 classes de variables





12 Conclusion

L'intelligence collective telle que décrite dans la littérature scientifique reposant sur la confiance, la compréhension réciproque, la motivation de tous pour atteindre un objectif, l'équilibre dans la répartition de la parole et des tâches est peut-être possible entre adultes, souvent convoqués hors de leur milieu naturel pour participer à une expérimentation (Mallone & Bernstein, 2015), parfois observés sur leur lieu de travail (Gréselle-Zaïbet, 2005), mais une telle perfection semble utopique à l'école. À l'issue de ces différentes analyses, nous voyons que l'intelligence collective demeure un phénomène complexe que nous ne pouvons associer de façon certaine à telle ou telle variable prédictive. Certains groupes retirent sans aucun doute un bénéfice à travailler ensemble, mais pour deux groupes de notre échantillon, l'intelligence collective apparaît davantage comme un objectif que comme un état. Nous voyons à chaque fois qu'un certain nombre de facteurs interagissent, qu'ils sont dépendants entre eux. Ainsi le fait que les groupes les plus compétents aient été aussi ceux qui se sont le plus amusés, ou qu'un état de confiance positif et un bon niveau de communication ne suffisent pas s'il n'y a pas également de la concentration dans l'activité rend l'émergence effective d'intelligence collective aléatoire. Il faut l'alignement de plusieurs facteurs qui apparaissent corrélés pour que l'intelligence collective soit vécue, des capacités, des émergences, des résultats.

Nous présenterons dans nos travaux de thèse les limites de ce travail, des pistes pour de futures recherches et des préconisations pédagogiques pour faciliter l'intelligence collective en classe.

13 éléments bibliographiques

- Bates, T., & Gupta, S. (2017). Smart groups of smart people : Evidence for IQ as the origin of collective intelligence in the performance of human groups. *Intelligence*, 60, 46-56.
- Bonabeau, E., & Theraulaz, G. (1994). *Intelligence collective* (Hermes Science Publications).
- Gréselle-Zaïbet, O. (2019). Mobiliser l'intelligence collective des équipes au travail : Un levier d'innovation agile pour transformer durablement les organisations. *Innovations*, 58(1), 219-241.
- Lévy, P. (2013). *L'intelligence collective : Pour une anthropologie du cyberspace*. La Découverte.
- Malone, T. W., & Bernstein, M. S. (Éds.). (2015). *Handbook of Collective Intelligence*. MIT Press.
- Morin E. (1990). *Introduction à la pensée complexe* . Seuil édition.
- Régner JC, Gras R, Henry M, Couturier Raphaël & Brousseau G (2020) Analyse Statistique Implicative, *Actes du 10e colloque international ASI, Belfort, 2019*.
- Woolley, A., Chabris, C. F., Pentland, A., Hashmi, N., & Malone, T. W. (2010). Evidence for a Collective Intelligence Factor in the Performance of Human Groups. *Science*, 330(6004), 686-688.