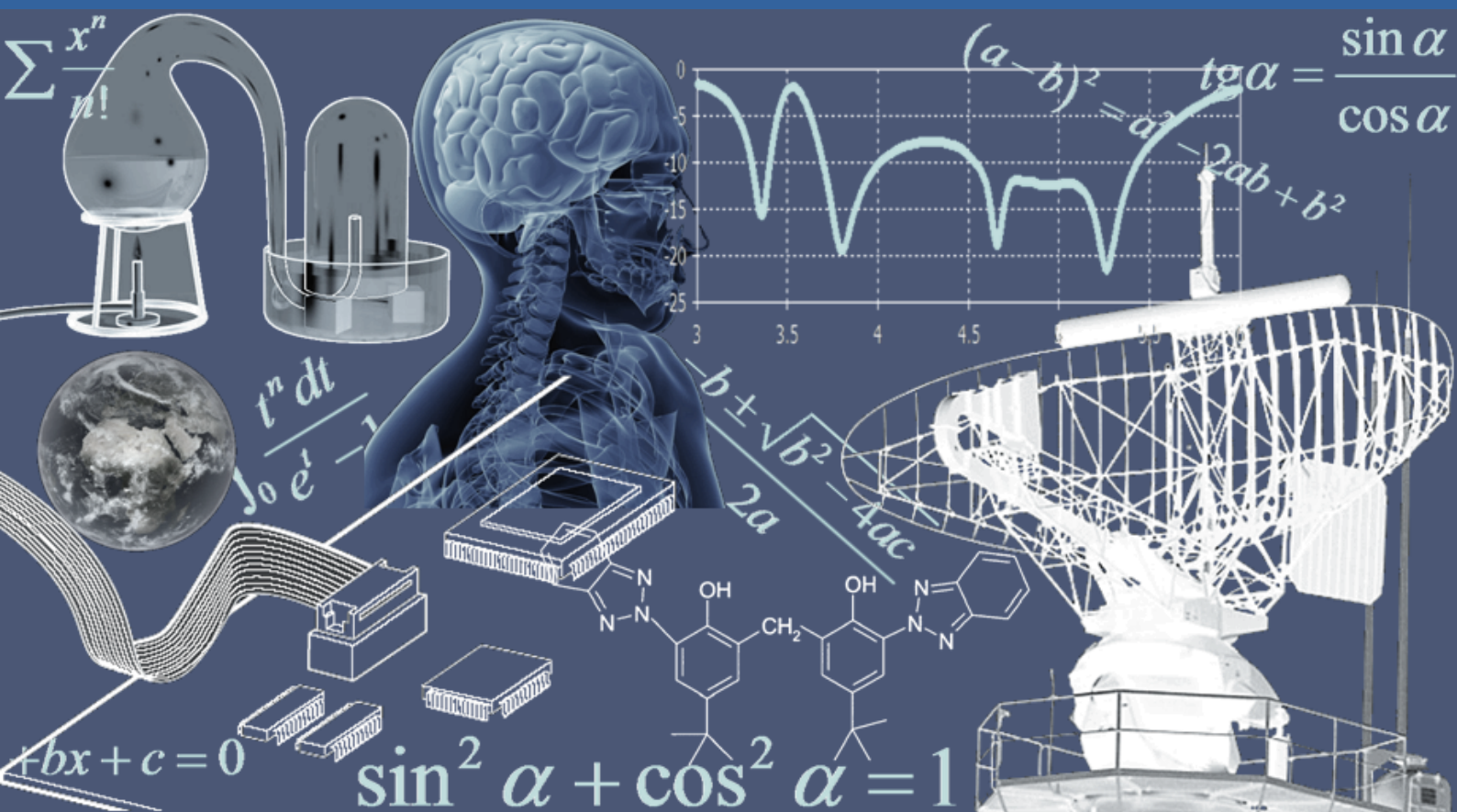


INTERNATIONAL JOURNAL OF INNOVATION AND APPLIED STUDIES

Vol. 1 N. 1 November 2012



International Peer Reviewed Monthly Journal



International Journal of Innovation and Applied Studies

International Journal of Innovation and Applied Studies (ISSN: 2028-9324) is a peer reviewed multidisciplinary international journal publishing original and high-quality articles covering a wide range of topics in engineering, science and technology. IJIAS is an open access journal that publishes papers submitted in English, French and Spanish. The journal aims to give its contribution for enhancement of research studies and be a recognized forum attracting authors and audiences from both the academic and industrial communities interested in state-of-the art research activities in innovation and applied science areas, which cover topics including (but not limited to):

Agricultural and Biological Sciences, Arts and Humanities, Biochemistry, Genetics and Molecular Biology, Business, Management and Accounting, Chemical Engineering, Chemistry, Computer Science, Decision Sciences, Dentistry, Earth and Planetary Sciences, Economics, Econometrics and Finance, Energy, Engineering, Environmental Science, Health Professions, Immunology and Microbiology, Materials Science, Mathematics, Medicine, Neuroscience, Nursing, Pharmacology, Toxicology and Pharmaceuticals, Physics and Astronomy, Psychology, Social Sciences, Veterinary.

IJIAS hopes that Researchers, Graduate students, Developers, Professionals and others would make use of this journal publication for the development of innovation and scientific research. Contributions should not have been previously published nor be currently under consideration for publication elsewhere. All research articles, review articles, short communications and technical notes are pre-reviewed by the editor, and if appropriate, sent for blind peer review.

Accepted papers are available freely with online full-text content upon receiving the final versions, and will be indexed at major academic databases.

Table of Contents

Investigation of Corrosion Metal in Oil Industry in Iran	1-6
Studies on Unipolar Inverted Sine Carrier PWM Strategies for Three Phase Five Level Cascaded Inverter	7-34
Apport de la télédétection et des SIG dans l'identification des ressources en eau souterraine dans la région de Daoukro (Centre-Est de la Côte d'Ivoire)	35-53
La compétitivité tunisienne dans le cadre de l'ouverture: Attitude et déterminants	54-60
Contribution des images satellitales Landsat 7 ETM+ à la cartographie lithostructurale du Centre-Est de la Côte d'Ivoire (Afrique de l'Ouest)	61-75
New Weighted Gruss Type Inequalities Via (α, β) Fractional q-Integral Inequalities	76-83
Cooperative Spectrum Sensing over Fading Channel in Cognitive Radio	84-93
The impact of financial leverage sharp increase on earnings management on the accepted firms in Tehran Stock Exchange	94-104
Construction d'un indice de fragilité pour le secteur bancaire marocain	105-117
Radiation Effects on Convective Heat and Mass Transfer Flow in a Rectangular Cavity	118-152

Investigation of Corrosion Metal in Oil Industry in Iran

Amir Samimi

Young Researchers club, Central Tehran Branch, Islamic Azad University,
Tehran, IRAN

Copyright © 2012 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: Erosion is one of the important unlikely problems in oil refining industry that produces many damages and values to refining parts. In other part stop of refining operation for repairing is very expensive. Many erosions are happened in refining operations when equipments are placed to atmosphere, Powerful acids, eruption gases, hydrocarbon vapors and high temperature make very complex situation in oil refining industry, Monotonous erosion, cavity erosion rubbing erosion, stress split are more common erosions in oil refining systems that will be search in this survey.

KEYWORDS: Erosion, Oil Refining Industry, Erosion Control, Gas.

1 INTRODUCTION

Erosion is always one of the important unlikely problems in oil refining industry and increases operation and maintenance expense also prediction stops in production line and repairing of pipes and equipments are very expensive. Production line stop makes a situation that produces powerful. Erosion for repairing, equipment is placed to atmosphere, when metal covers are in air and moist cavity erosion and stress split are produces. When equipments in production lines are washed by water, remaining of water produces moist and increases erosion. Among different metals, just some of them can be used in equipments and pipes in refining. These metals include carbon steels stain less steels, and in less scale. Aluminum, Nickel, titanium all of these metals according to different situations experience different kinds of erosion. Erosion is happened in direct reaction between metal and environment. Generally erosion in oil refining are divided into two groups low temperature and high temperature low temperature erosion happens in water situation with 260°C. For example carbon steels are used to maintain hydrocarbon vapors in this temperature. Hydrogen colored or hydrogen sulphid needs more powerful material in this search erosion connects to oil refining industry are analyzed and prevention ways are mentioned.

2 EROSION IN LOW TEMPERATURE

Many of erosions are not happened by hydrocarbons but they are produced by water, hydrogen sulphid, hydrochloric acid, hydrofluoric acid. Two basic sources are food pollution and chemical pollution. Important factor in low temperature in refining is pollution include oil. Much pollution removed in first materials but many of them remain in refining tanks and some of the pollutions are related to pipe lines or stores. In many times erosion materials are produced in first part of refining. For example hydrogen chloride is produced by warming manyezim and calcium in crude oil some others are produced by stopping production line in air. In this section the most important pollution introduced.

3 EROSION BY AIR AND WATER

When production line stops, equipments are placed in air. Air also can enter through pumps and other loose parts. Generally air pollutions are important factor in increasing erosion in refining crude oil in vacuum situations. There is water in all kinds of crude oil and complete remove is very difficult waste is work as a electro lit and with hydrolyze in chloride

materials produces hydrogen chloride. Water is responsible for much erosion in distillation tower systems. Water and air combine can be dangerous. Moist and air are produced in taking air in pumps and temperature changing in tanks tank activity and erosions are closely related to each other. Because crude oil and heavy oil produce oil supportive layer in tank walls, Erosion is limited to upper and bottom parts bottom erosion in oil tanks are produced by air and salt. Also sour crude oil and salt are factors for erosion. Erosion layer likes to increase erosion. Spilt in erosion parts has Anode roles and other parts become cathode. Erosion is tank walls cavity erosion is very dangerous become because it isn't monotonous. Erosion is related to water and air amount in system.

4 EROSION WITH HYDROGEN SULPHIDE

Hydrogen sulphide is very important erosion in refining. Salt crude oil and hydrogen sulphide gases are used as food in refining. In other hands in high temperature hydrogen sulphide is produced by analyzing sulphide materials. Stead erosion with hydrogen sulphide produces sulphide black film and it is seen in all of the refining equipments hydrogen sulphide is one of the important parts in refining salt water and can increase erosion in upper parts of distillation tower systems for example steam and sulphur recycling parts are seen very serious problems. Generally carbon steels have high resistance against sulphide erosion one of the reason is sulphide film is a supportive part in steel level. To prevent hydrogen stress split (sulphide split) should prevent boiling samples with high degrees (upper them 200 Bar) we can solve this problems with temperature activity and with putting 400 Ali yash in stores that can prevent cavity in high level. In must pay at tension that Ali yash in sulphide situation and in 150°C temperature has low resistance. If chloride amount is not very much putting ali yash 405 or stainless steel 304 will be suitable. Recently 2 grade titanium is used instead of carbon steels in sulphide erosion situations in heating transformers.

5 EROSION WITH HYDROGEN CHLORIDE

Hydrogen chloride erosion in oil crude distillation is happened and with low level we can find in Reformer parts. Hydrogen pollution is seen in special footsore it is produced by hydrolyzed catalyst aluminum chloride. Also in mange of crude oils we can seen solved or solid chloride salts. Generally crude oil includes 75 percent of sodium chloride, 15 percent of many exam chloride 10 percent of calcium chloride. When crude oil goes to distillation part and warm until 120°C manyzium and calcium chloride are produced. Sodium chloride has resistance until 760°C. Also soft chloride acid is produced in upper tower and upper parts of distillation system. Carbon steels parts in chloride solution in temperature under dew temperature can produce erosion. With decreasing, erosion is increasing upper distillation systems are made of carbon steels. In coolers and water sets, sea steels are used to decrease erosion. For places that we can see hard chloride erosion, grade titanium is used. To decrease chloride in crude towers the best method is to decrease crude oil salt. This operation is done by removing salt from Tighes tank and twice salt removing.

6 EROSION WITH CO₂

In many times of oil refining hard erosion happened in pipes, taps and transformation lines basic reason is oil and gas have many different amounts of water that can sediment in different materials. Water has CO₂ and sometimes H₂S and some kinds of salt. Also, in many of hard erosion, CO₂ has important roles. In this action CO₂ combines with steel and FeCO₃ is produced on steel level. This sediment according to basic metal is cathode and with a small problem cavity erosion developed. This situation increase in production section, Erosion amount in bad production situation reaches to 10mm /year important factors in oil and chemical in dustiest are:

1. Water that can be used as a separate part.
2. Salt in water, similar to sea water, less or more that is related to situations.
3. High pressure.
4. High CO₂ levels in gas. If we have high pressure, CO₂ Limit pressure will increase. Usually gas and oil have erosion characters when CO₂ pressure becomes twice. According to situation limit pressure more than 2 can make erosion.
5. High temperature that increase action's speed.
6. High flow that can be active with removing FeCO₃ studies are shown rubbing erosion in North Sea happens when flow speed is between 7 to 10 meters in second.

7 CONCLUSION

High temperature erosion: This erosion in refining is very important equipments usually high temperature analyze. In high pressure some of equipments near to hydrocarbon steam may be catch fire. High temperature erosion generally is related to sulphid combines with crude oil erosion with different sulphid combines in temperature between 260 to 540 is one of the common problem in oil refining. Play sulphid, hydrogen sulphid and hydrogen sulphid. Sulphid erosion in high in temperature increases. According to the situation, monotone us erosion, cavity erosion, rubbing erosion will happen. Erosion control depends to sulphid supportive film that is grown as Para bulk. Generally, Nickel and Nickel Ali yazh, Attack very quickly with sulphid combines but Corom steels in these situations has more resistance (such as aluminum) hydrogen sulphid and hydrogen combines are more active and generally stain less steels are more suitable in these situations. For prediction of crude oil erosion we use Economies. These graphs are according to sulphur Economies on process's changes in erosion.



Fig. 1. Hydrogen Blistering

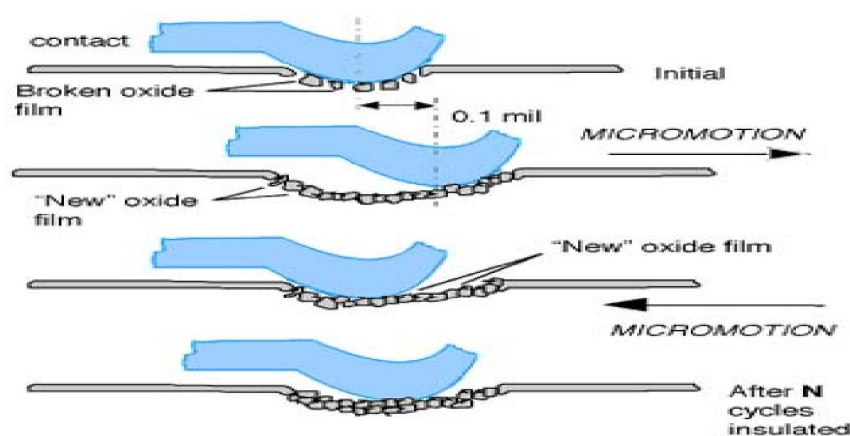


Fig. 2. Fretting Corrosion



Fig. 3. Crevice Corrosion in a Flange

Is shown one Makconomi graph. This graph shows useful effects of Corom steels that stain less steels that have 12% Corom show no erosion. Erosion in more than 455 temperatures will decrease and this is related to sulphur combines and production of protective Co₂ layers.

Stress split: Stress split is one of the sudden problems. This problem usually happens without any reason and it is very expensive. For example split will happen in fire place after one hour that is placed in air tower connections and heating Tran's formers encounter with this problem. Hydrogen attacks in high temperature will suddenly split stores in high pressure. Generally stress split in different situations. Such as chloride, Ammonia, Amines, acid, Will happen, chloride are one of the important factors in stress split in stain less steels and Nickel Alloys. In theory with one chloride ion in water, efficient oxygen and remaining stress will produce split. At work all situations are prepared and chloride ion amounts are more.

Common stress split in stain less steels is middle piece. Sometimes border piece erosion happens with middle piece erosion but it isn't very common studies show stain less steels and Nickel Alloys that contains more than 30% Nickel are safe against stress erosion. Important factors in split include chloride, Oxygen, temperature, stress, PH levels in solution. With increasing Oxygen split will decrease. Graph 4 shows effect of Oxygen and chloride ion levels on erosion. For example when transformer tube handle stops in air split will happen. Parts that are placed in direct sun have more dangers. Necessary stress for split is always can find. Stress for producing shapes, bending and connection are important factors for splitting so removing stress is very important. Austenitic stain less steels are more resistance against sulphide erosion than Ferritic stain less steels but still they can't resist against erosion. We must pay attention that stress split happens when equipments are placed in air and moist in repairing times.

7.1 EROSION CONTROL

These factors are important for erosion control:

1. Material selection
2. Suitable plan
3. Operation situation
4. Using anti-erosion materials
5. Coatings

Important changing process for decreasing erosion:

1. Temperature decrease
2. Erosion levels
3. Decreasing flow for decreasing erosion
4. Removing oxygen
5. Water level control

Plan changing for preventing erosion:

1. Changing connection parts with Feeling connection for decreasing split erosion
2. Equipment plans for cleaning
3. Decreasing of mechanical
4. And moving stress
5. Heating transformers must work in low temperature
6. Conclusion
1. Erosion is one important unlikely problem in refining
2. Monotonous, cavity, stress split, erosion are more important erosions in refining
3. CO₂, H₂S are very important factors
4. High temperature is one of the important factors in erosion.

REFERENCES

- [1] Rice, W., "Hydrogen Production from Methane Hydrate with Sequestering of Carbon Dioxide", International Journal of Hydrogen Energy, 2006
- [2] Samimi, Amir, Zarinabadi, Soroush, An Analysis of Polyethylene Coating Corrosion in Oil and Gas Pipelines, Journal of American science, U.S.A., 2011
- [3] Zarinabadi, Soroush, Samimi, Amir, Scrutiny Water Penetration in Three-layer Polyethylene Coverage, Journal of American science, U.S.A., 2011
- [4] Samimi, Amir, Zarinabadi, Soroush, "Reduction of greenhouse gases emission and effect on environment.", Australian journal of basic and applied science, 752-756, 2011
- [5] Zarinabadi, Soroush, Samimi, Amir, "Problems of hydrate formation in oil and gas pipes deal," Australian journal of basic and applied science, 2011
- [6] Zarinabadi, Soroush, Samimi, Amir, Erfan Ziarifar, Mohammad Sadegh Marouf, Modeling and Simulation for Olefin Production in Amir Kabir Petrochemical, Proceedings of the World Congress on Engineering and Computer Science 2010 Vol II WCECS, San Francisco, USA, 2010
- [7] Samimi, Amir, Zarinabadi, Soroush, Application Polyurethane as Coating in Oil and Gas Pipelines, International Journal of science and investigations, France, pp.43-45, 2012
- [8] Samimi, Amir, Zarinabadi, Soroush, Samimi, Marzieh, Solar Energy Application on Environmental Protection, International Journal of science and investigations, France, pp.21-24, 2012
- [9] Setoudeh, Mehrdad, Samimi, Amir, Zarinabadi, Soroush, Almasinia, Babak, Nazem, Esmaeil, Rezaei, Rohollah, Hedayati, Abbas, Experimental Study of Factors Affecting Corrosion in Gas Wells Using Potantio Acetate and Galvan Acetate Tests, International Journal of science and investigations, pp.13-16, 2012
- [10] Samimi, Amir, Preventing Hydrate Formation in Gas Transporting Pipe Lines with Synthetic Inhibitors, International Journal of science and investigations, France, pp.48-50, 2012
- [11] Samimi, Amir, Zarinabadi, Soroush, Setoudeh, Mehrdad, Safavian, Amir, Review Applications to Prevent Corrosion Reducing Gas Pipe Line, International Journal of Basic and Applied science, Indonesia, pp.423-428, 2012
- [12] Samimi, Amir, Zarinabadi, Soroush, Setoudeh, Mehrdad, Safety and Inspection for Preventing Fouling in Oil Exchangers, International Journal of Basic and Applied science, Indonesia, pp.429-434, 2012
- [13] Samimi, Amir, Zarinabadi, Soroush, The Comparison of Increasing Method for Petroleum Pits Output (Fluids Dynamic), International Journal of Basic and Applied science, Indonesia, pp.435-439, 2012
- [14] V.S. Sastri, "Corrosion Inhibitors Principles and Application", Wiley Pub, New York.
- [15] E. Eriksrud, T. Sonlvedt, "Advances in CO₂ Corrosion", NACE pub, Houston, 1984, Vol.1
- [16] T.C. Chevro, M. Bonis, "Use of pH Stabilization of Corrosion Control of Long Multiphase Pipelines", TOTAL FINA ELF, second congress of corrosion in oil Industries, Iran, Oil Industry University.
- [17] Nazarboland A, Java poor S. "Application of corrosion technology into gas and oil pipe". Second national conference conference of technology in oil craft, /challenges and strategies

Amir Samimi



(16/05/1983, Isfahan City, Isfahan Province, Iran)

Studied M.SC Chemical Engineering, Master at Islamic Azad University, The Member of IAENG, Have 2 Years Experience in Oil Refinery Company, Member of Young Research, and Have 17 Articles in the International Journal, Conference (U.S.A, France, Italy, Indonesia, India, Australia, Europe Chemical Engineering Conference) and More than 45 Articles in the National Journal, Conference in Iran.

Email: amirsamimi1161@gmail.com

Studies on Unipolar Inverted Sine Carrier PWM Strategies for Three Phase Five Level Cascaded Inverter

C.R.Balamurugan¹, S.P.Natarajan², and R.Bensraj³

¹Department of EEE,
Arunai Engineering College,
Tiruvannamalai, Tamilnadu, India

²Department of EIE,
Annamalai University,
Chidambaram, Tamilnadu, India

³Department of EEE,
Annamalai University,
Chidambaram, Tamilnadu, India

Copyright © 2012 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: This paper presents the comparison of Unipolar Inverted Sine Carrier Pulse Width Modulation (UISCPWM) techniques for the Cascaded Multi Level Inverter (CMLI). Due to switch combination redundancies, there are certain degrees of freedom to generate the multilevel AC output voltage. This paper presents the use of Control Freedom Degree (CFD) combination. The effectiveness of the pulse width modulation strategies developed using CFD are demonstrated using simulation. The results indicate that the chosen five level inverter triggered by the developed UISC phase shift PWM and UISC variable frequency PWM strategy with sine and stepped wave references and UISC alternate phase opposition disposition PWM strategy with 60 degree reference exhibit reduced harmonics and UISC carrier overlapping PWM provides higher fundamental RMS output voltage for all three chosen references. Simulations are performed using MATLAB-SIMULINK.

KEYWORDS: ISCPWM, CMLI, THD, 60 degree, FF, unipolar.

1 INTRODUCTION

The multilevel inverter topology gives the advantages of usage in high power and high voltage application with reduced harmonic distortion without a transformer. The semiconductor devices are connected in series to form one single high-voltage switch in which each group of devices contribute to a step in the output voltage waveform. The steps are increased to obtain an almost sinusoidal waveform. The number of switches involved is increased for every level increment. Peng [1] proposed a generalized multilevel inverter topology with self voltage balancing. Rodriguez et al [2] made a survey on topologies, control and applications of multilevel inverter. Corzine et al [3] analysed control of cascaded multilevel inverter. Jeevananthan et al proposed inverted sine carrier for fundamental fortification in PWM inverters and FPGA based implementation [4]. Rajesh Gupta et al [5] developed switching characteristics of cascaded multilevel inverter controlled systems. Malinowski [6] also made a detailed survey on cascaded multilevel inverter. Seyezhai and Mathur [7] developed hybrid multilevel inverter using ISPWM technique for fuel cell applications. Abhisek maiti et al [8] developed a microcontroller based inverted sine PWM switching technique for single phase inverter. Seyezhai and Mathur [9] suggested inverted sine pulse width modulated three phase cascaded multilevel inverter. Bensraj and Natarajan proposed unipolar PWM using trapezoidal amalgamated rectangular function for improved performance of MLI as in [10]. Urmila and Subbarayudu [11] undertook comparative study of various pulse width modulation techniques. This paper discusses a

comparative study carried out on various new unipolar strategies for chosen five level CMLI. Simulations are performed using MATLAB-SIMULINK. Harmonic analysis and evaluation of performance measures for various modulation indices have been carried out and presented.

2 MULTILEVEL INVERTER

A cascaded multilevel inverter consists of a series of H-bridge inverter units. The general function of this inverter is to synthesize a desired voltage from several Separate DC Sources (SDCSs). The concept of this inverter is based on connecting output H-bridge inverter cells in series to get a sinusoidal load voltage. The load voltage is the sum of the voltage that is generated by each cell. The number of load voltage levels are $2n+1$ where n is the number of cells. The switching angles can be chosen in such a way that the total harmonic distortion is minimized. One of the advantages of this type of multilevel inverter is that it needs less number of components compared to the diode clamped or the flying capacitor so the price and the weight of the inverter is less than that of the two former types. Fig. 1 shows a configuration of the three phase five level cascaded multilevel inverter.

The load voltage is equal to the summation of the output voltage of the respective modules that are connected in series. The number of modules (n) which is equal to the number of DC sources required depend on the total number of positive, negative and zero levels (m) of the CMLI. It is usually assumed that m is odd as this would give an integer valued n . In this work, load voltage consists of five levels which include $+2V_{DC}$, $+V_{DC}$, 0 , $-V_{DC}$ and $-2V_{DC}$ and the number of modules needed is 2. The following equation gives the relation between n and m ; $n = (m-1)/2$.

The gate signals for chosen five level cascaded inverter are simulated using MATLAB-SIMULINK. The gate signal generator model developed is tested for various values of modulation index m_a and for various PWM strategies. Fig. 2 shows a sample SIMULINK model developed for UISC phase disposition PWM method. The simulation results presented in this work in the form of the outputs of the chosen MLI are compared and evaluated.

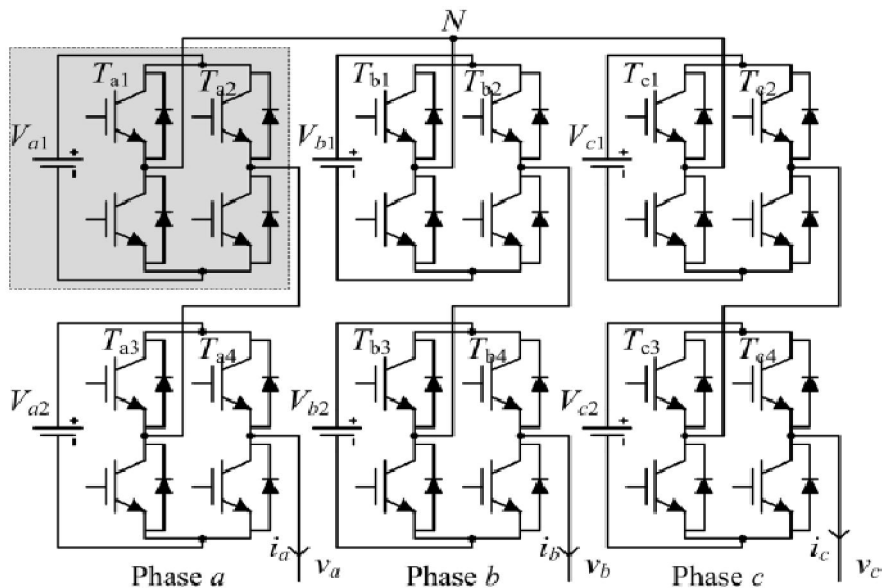


Fig. 1. Three Phase Cascaded Five Level Inverter

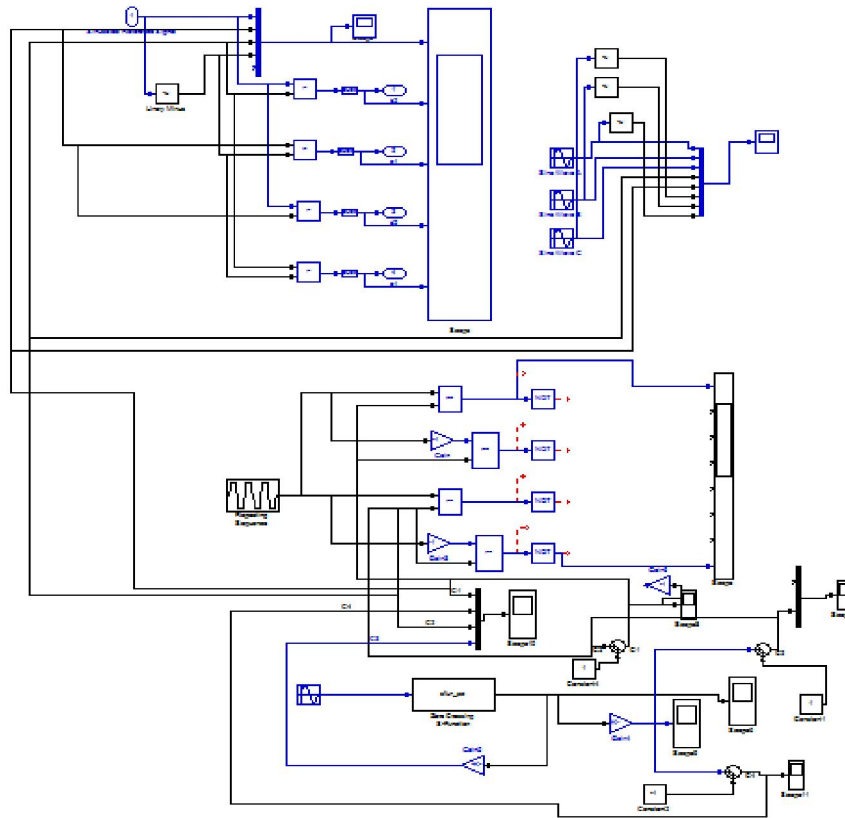


Fig. 2. Sample PWM Generation Logic Developed Using SIMULINK for UISC Phase Disposition PWM Technique

3 UNIPOLAR MULTICARRIER PWM STRATEGIES WITH SINE REFERENCE

This paper presents four types of unipolar PWM strategies. The reference in the unipolar strategy may be a rectified sinusoid or two sine references (sine and 180° phase shifted sine) The later is used in this work. The multi carriers are positioned above zero level.

For an m level inverter using unipolar multi carrier technique, $(m-1)/2$ carriers with the same frequency f_c and same peak-to-peak amplitude A_c are used. The reference waveform has amplitude A_m and frequency f_m and it is placed at the zero reference. The reference wave is continuously compared with each of the carrier signals. If the reference wave is more than a carrier signal, then the active devices corresponding to that carrier are switched on [10]. Otherwise, the device switches off. The frequency ratio m_f is defined in the unipolar PWM strategy as follows:

$$m_f = \frac{f_c}{f_m}$$

In this paper, $m_f = 40$ and m_a is varied from 0.6 to 1.

m_f is chosen as 40 as a trade off in view of the following reasons:

- (i) to reduce switching losses (which may be high at large m_f)
- (ii) to reduce the size of the filter needed for the closed loop control, the filter size being moderate at moderate frequencies.
- (iii) to effectively utilise the available dSPACE system for hardware implementation.

The Inverted Sine Carrier PWM (ISCPWM) method uses the conventional sinusoidal reference signal and inverted sine carriers. The control scheme uses the inverted sine carrier since it that helps to maximize the output voltage for a given modulation index. The pulses are generated when the amplitude of the modulating signal is greater than that of the carrier signal[4].

The advantages of ISCPWM method are:

- (i) It has a better spectral quality and a higher fundamental component compared to the conventional sinusoidal PWM without any pulse dropping.
- (ii) The ISCPWM strategy enhances the fundamental output voltage particularly at lower modulation index ranges.
- (iii) There is reduction in the total harmonic distortion and switching losses.
- (iv) The appreciable improvement in the total harmonic distortion in the lower range of modulation index attracts drive applications where low speed operation is required.
- (v) To increase the fundamental amplitude in the sinusoidal pulse width modulation the only way is by increasing the modulation index beyond 1 which is called over modulation. Over modulation causes the output voltage to contain many lower order harmonics and also makes the fundamental component V_s modulation index relation non-linear. Inverted sine pulse width modulation technique replaces over modulation.

This paper focuses on inverted sine carrier based sinusoidal PWM strategies, 60 degree PWM and stepped wave PWM strategies which have been developed for the chosen three phase cascaded MLI.

3.1 UNIPOLAR INVERTED SINE CARRIER PHASE DISPOSITION PWM (UISCPDPWM) STRATEGY

The principle of the UISCPDPWM strategy is to use several inverted sine carriers with two modulation waves. For an m level inverter, $(m-1)/2$ carriers of the same frequency f_c and the same peak-to-peak amplitude A_c are disposed so that the bands they occupy are contiguous [10]. The carrier set is placed above the zero reference.

$$m_a = \frac{A_m}{(n \cdot A_c)}$$

where n is the number of carriers.

Carrier arrangements for five level UISCPDPWM are shown in Fig. 3 for $m_a=0.8$.

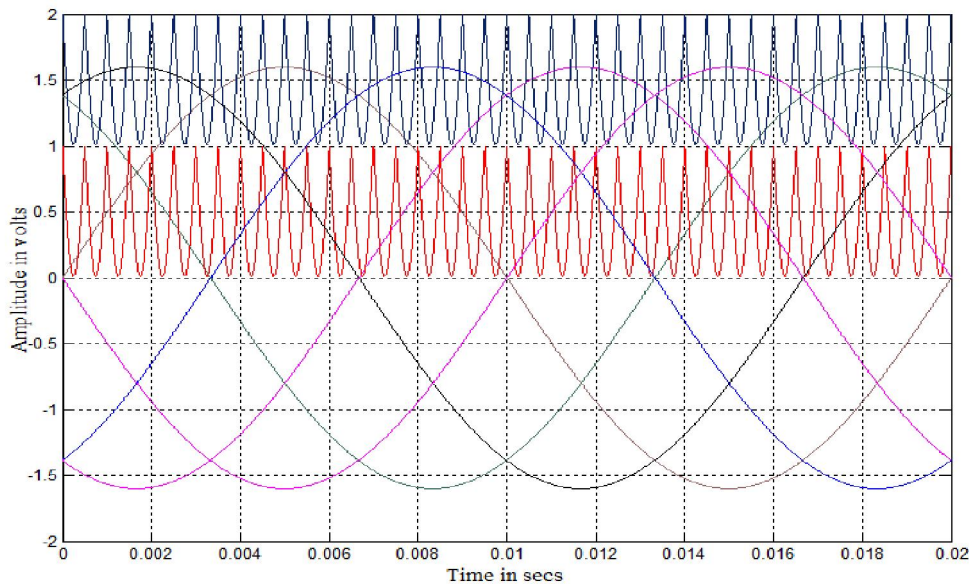


Fig. 3. Carrier Arrangements for UISCPDPWM Strategy ($m_a = 0.8$, $m_f = 40$)

3.2 UNIPOLAR INVERTED SINE CARRIER ALTERNATIVE PHASE OPPOSITION AND DISPOSITION PWM (UISCAPODPWM) STRATEGY

This APOD strategy requires each of the two carrier waves in the upper half side for a inverter to be phase displaced from each other by 180 degrees alternately.

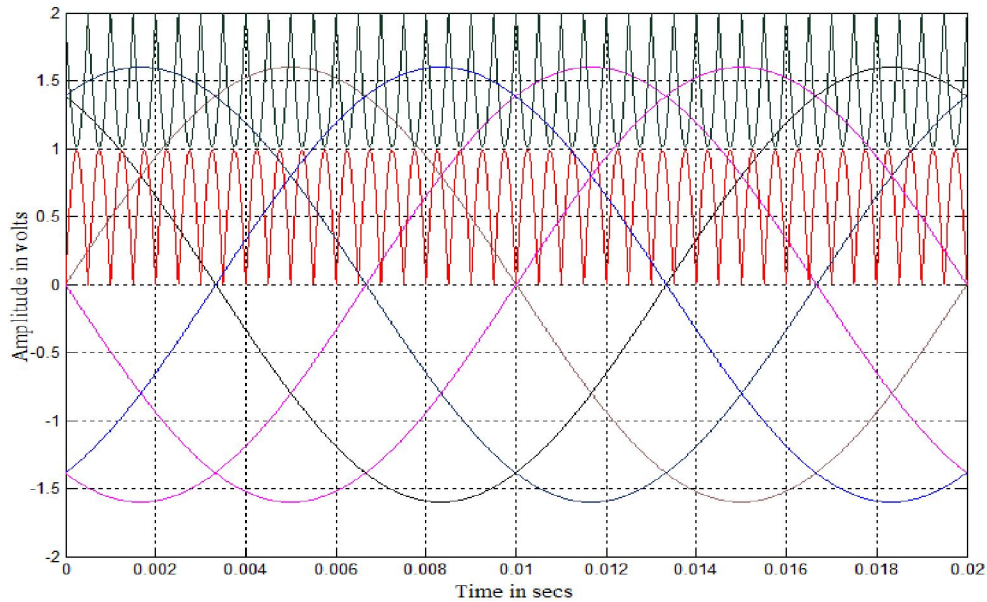


Fig. 4. Carrier Arrangements for UISCAPDPWM Strategy ($m_a = 0.8$, $m_f = 40$)

3.3 UNIPOLAR INVERTED SINE CARRIER PHASE SHIFT PWM (UISCSPWM) STRATEGY

The UISCSPWM uses two carrier signals of same amplitude and frequency which are phase shifted by 90° to one another to generate the five level inverter output voltage. The gate signals for the CMLI are derived by comparison of the carriers with two sinusoidal references. The amplitude modulation index is defined for this strategy as follows:

$$m_a = \frac{A_m}{A_c}$$

Carriers for five level inverter with UISCSPWM strategy are illustrated in Fig. 5 for $m_a=0.8$.

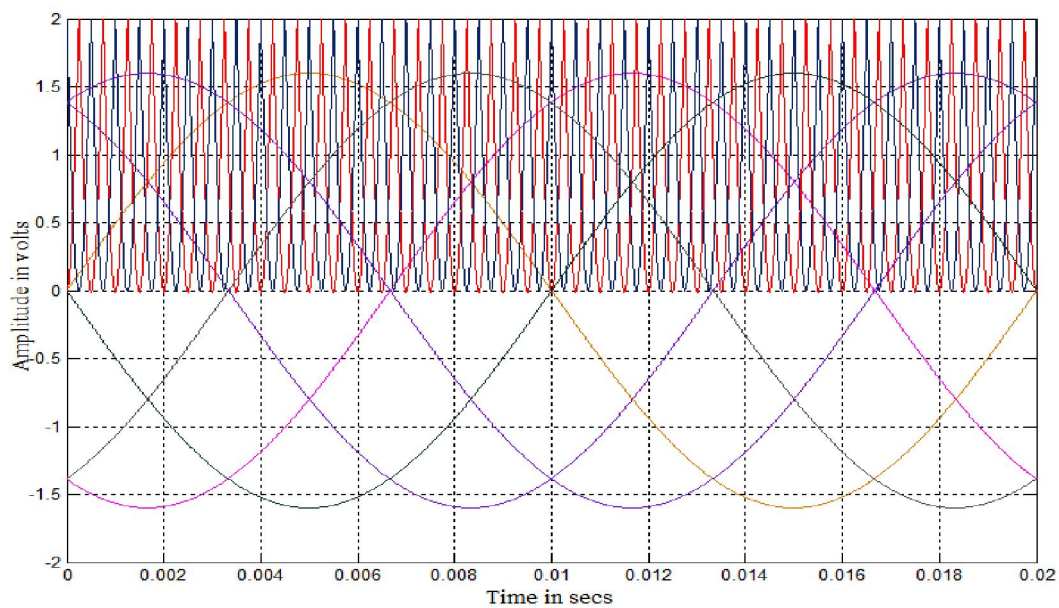


Fig. 5. Carrier Arrangements for UISCSPWM Strategy ($m_a = 0.8$, $m_f = 40$)

3.4 UNIPOLAR INVERTED SINE CARRIER CARRIER OVERLAPPING PWM (UISCOPWM) STRATEGY

The UISCOPWM has two carriers signals of peak-to-peak amplitude A_c and they overlap with each other. The gate signals for this strategy are derived by comparing the two overlapping carriers with the two sine references [10]. Fig. 6 shows the carrier arrangements for the chosen MLI with UISCOPWM strategy.

$$m_a = \frac{A_m}{\left(\frac{m}{4}\right) A_c}$$

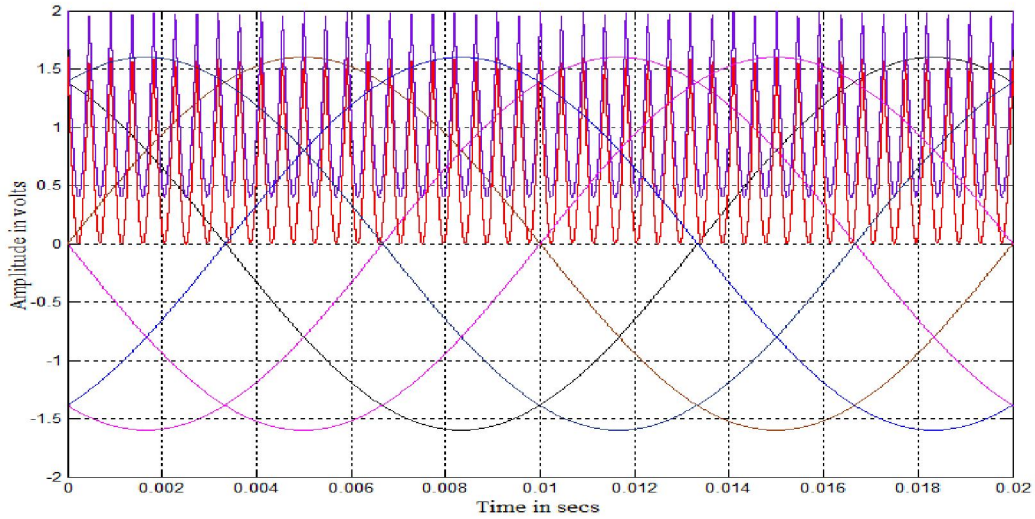


Fig. 6. Carrier Arrangements for UISCOPWM Strategy ($m_a = 0.8$, $m_f = 40$)

3.5 UNIPOLAR INVERTED SINE CARRIER VARIABLE FREQUENCY PWM (UISCVPWM) STRATEGY

The number of switching for upper and lower devices of chosen MLI is much more than that of intermediate switches in PDPWM using constant frequency carriers. In order to equalize the number of switching for all the switches, variable frequency PWM strategy is used as illustrated in Fig. 7

$$m_a = \frac{A_m}{(n * A_c)}$$

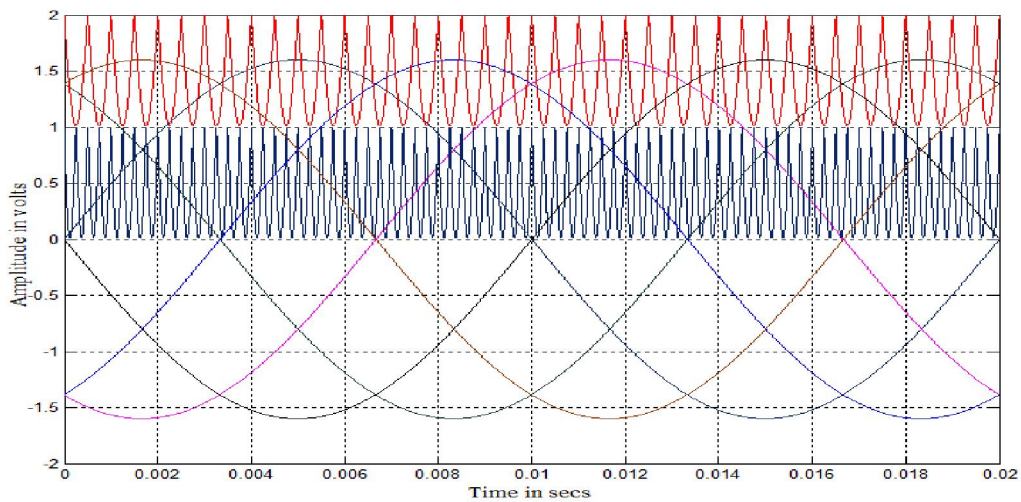


Fig. 7. Carrier Arrangements for UISCVPWM Strategy ($m_a = 0.8$, $m_f = 40$ for upper and lower switches and $m_f = 80$ for intermediate switches)

4 60 DEGREE PWM REFERENCE

This method is almost similar to sinusoidal PWM except that the modulating sine wave is flat topped for a period of 60 degree in each half cycle[11]. 60 degree PWM reference technique is as shown in Figs. 8 - 12.

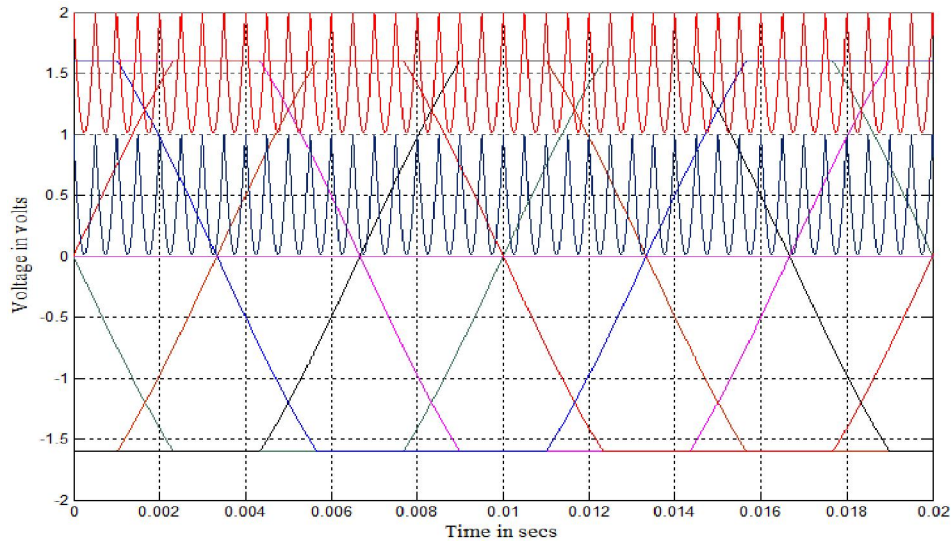


Fig. 8. Carrier Arrangements for UISC DPWM Strategy ($m_a = 0.8$, $m_f = 40$)

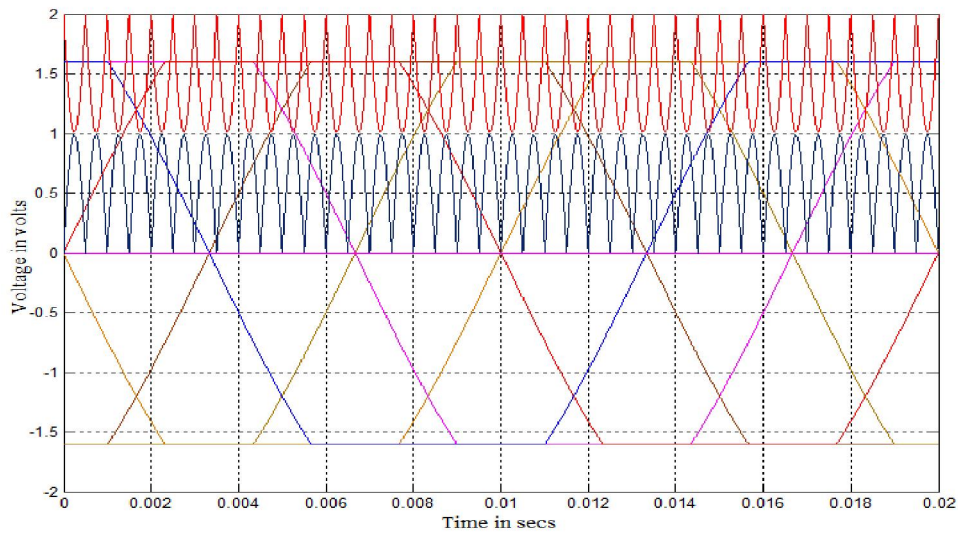


Fig. 9. Carrier Arrangements for UISC APODPWM Strategy ($m_a = 0.8$, $m_f = 40$)

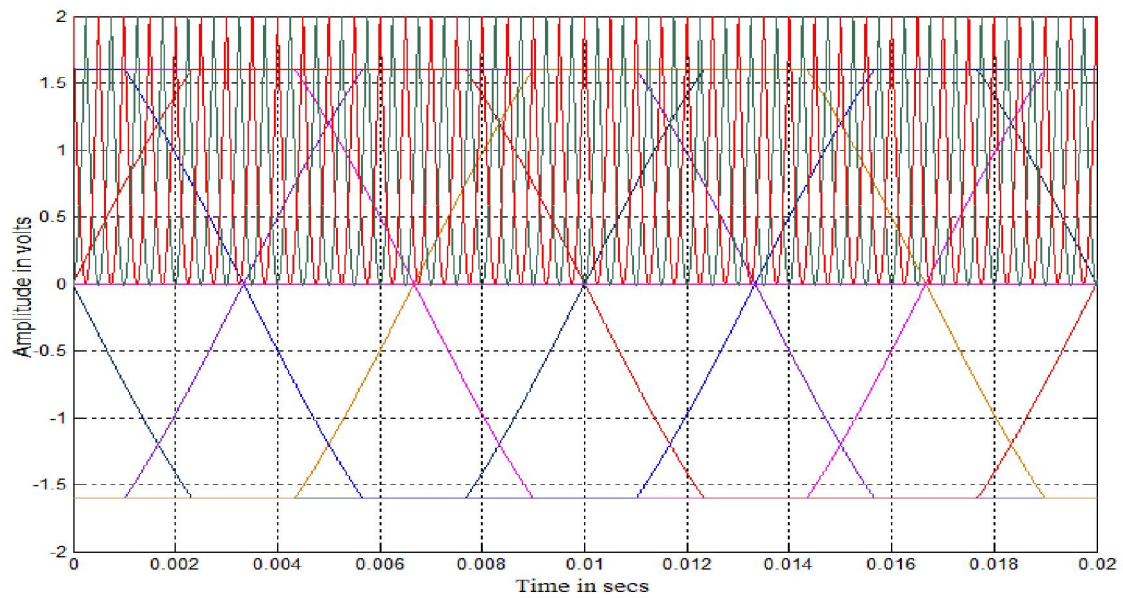


Fig. 10. Carrier Arrangements for UISCPSPWM Strategy ($m_a = 0.8$, $m_f = 40$)

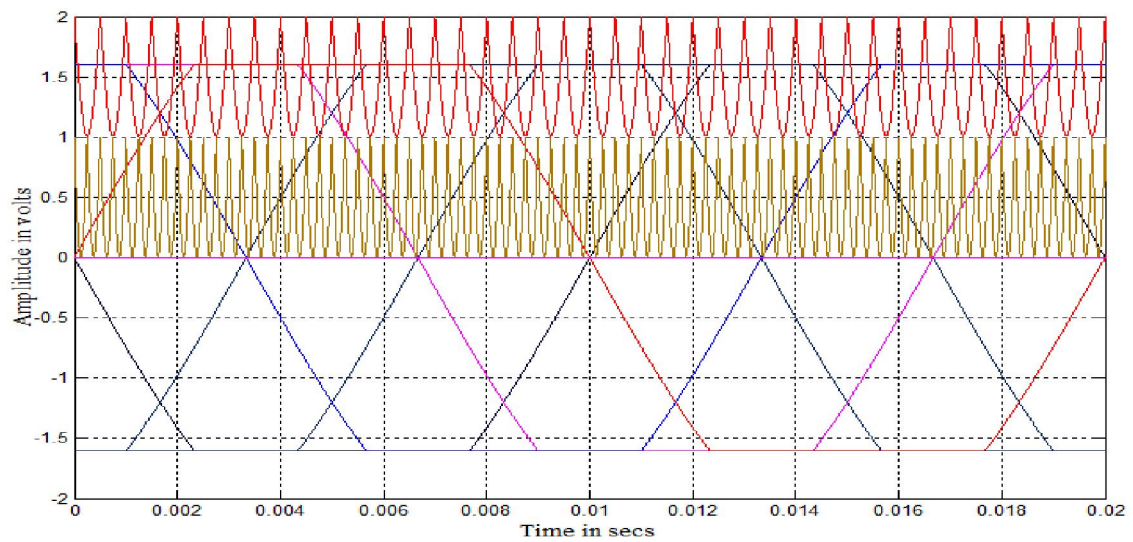


Fig. 11. Carrier Arrangements for UISCVPWM Strategy ($m_a=0.8$, $m_f=40$ for upper and lower switches and $m_f= 80$ for intermediate switches)

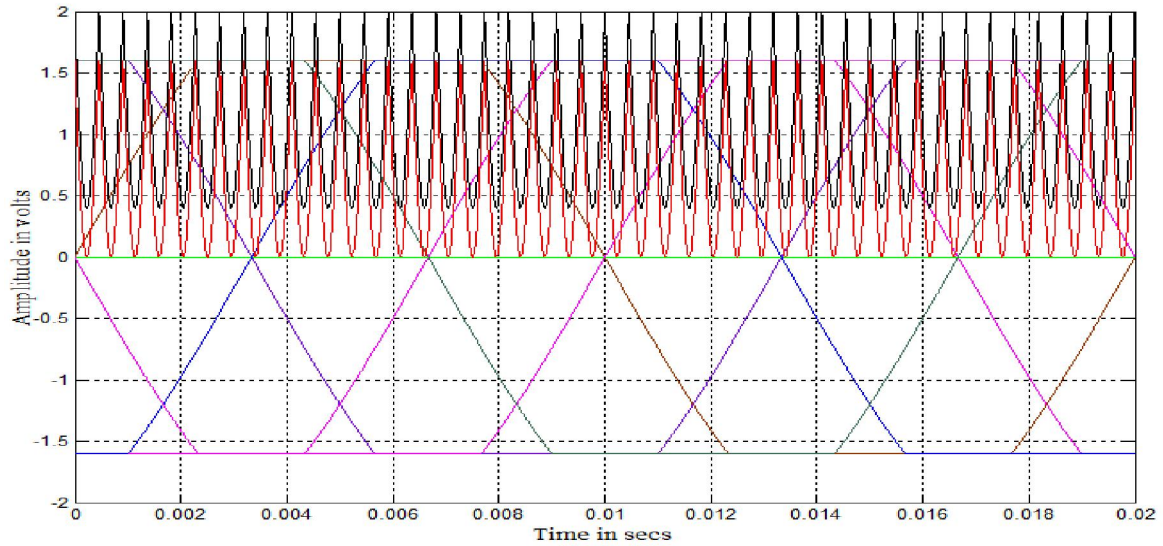


Fig. 12. Carrier Arrangements for UISCOPWM Strategy ($m_a = 0.8$, $m_f = 40$)

5 STEPPED WAVE REFERENCE

The stepped wave is a approximation to the sine wave. It is divided into specified intervals (say 20°) with each interval controlled individually to control magnitude of the fundamental component and to eliminate specific harmonics. This type of control gives low distortion but a higher fundamental amplitude compared with that of normal PWM control [11]. Stepped wave PWM technique is as shown in Fig. 13-17.

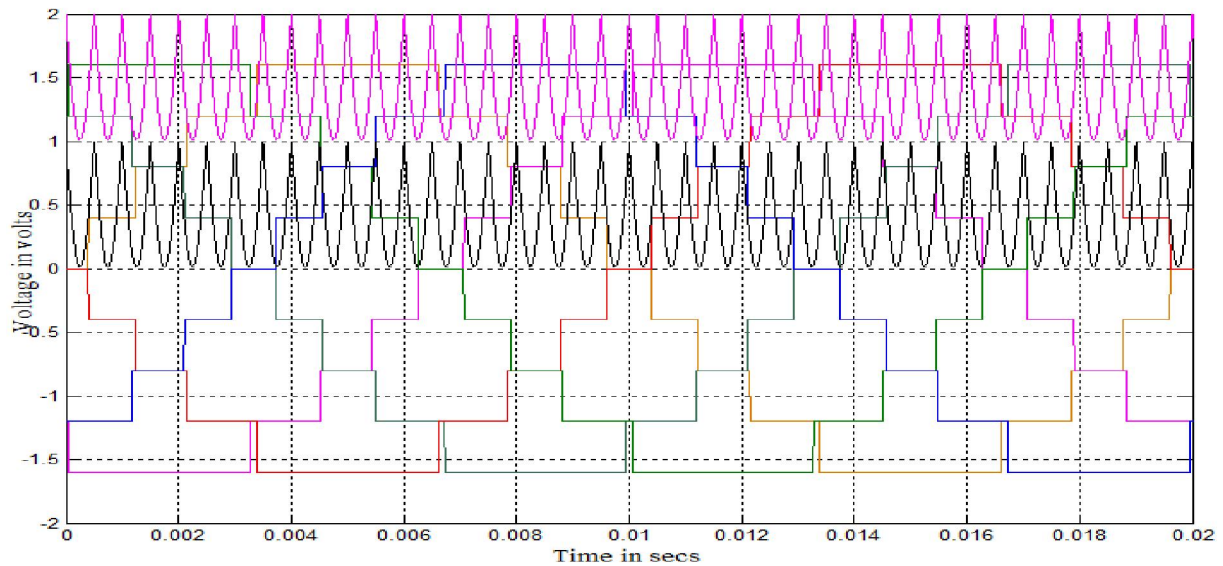


Fig. 13. Carrier Arrangements for UISCOPDPWM Strategy ($m_a = 0.8$, $m_f = 40$)

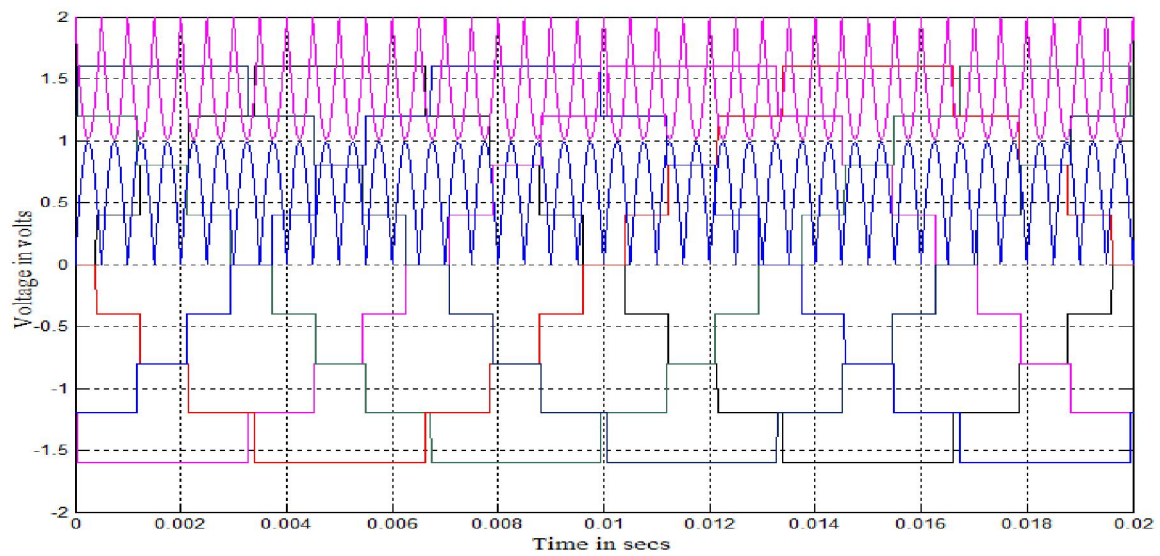


Fig. 14. Carrier Arrangements for UISCAPODPWM Strategy ($m_a = 0.8$, $m_f = 40$)

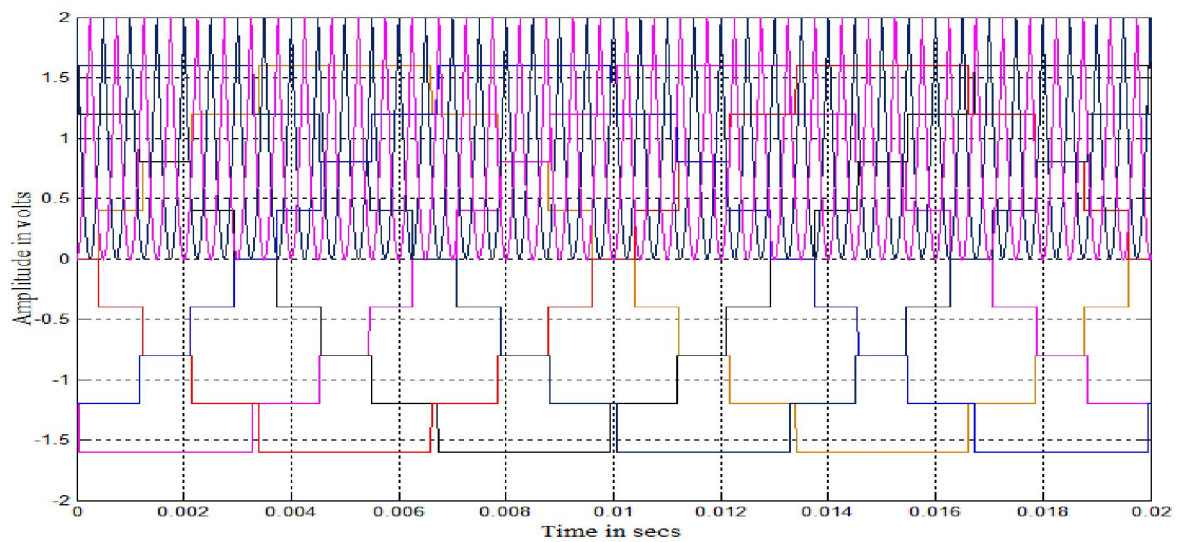


Fig. 15. Carrier Arrangements for UISCSPSPWM Strategy ($m_a = 0.8$, $m_f = 40$)

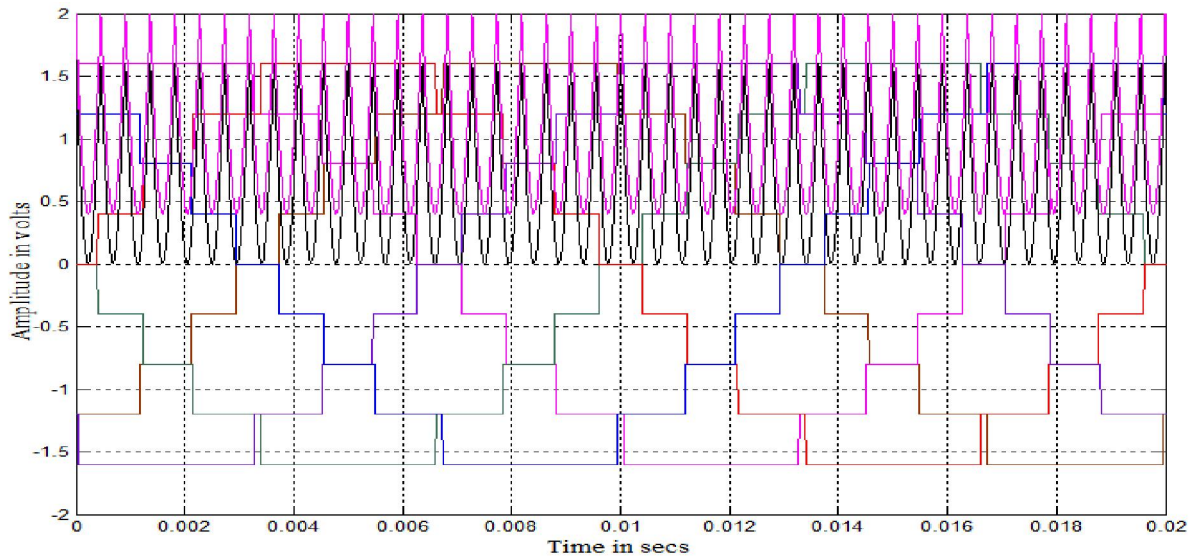


Fig. 16. Carrier Arrangements for UISCOPWM Strategy ($m_a = 0.8$, $m_f = 40$)

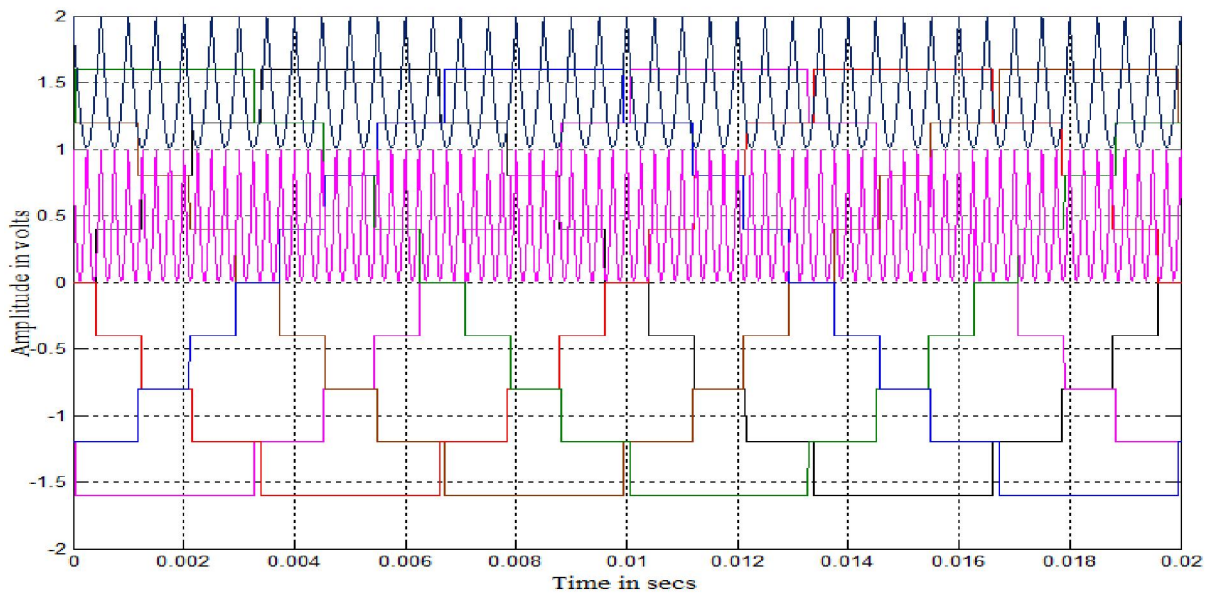


Fig. 17. Carrier Arrangements for UISCVPWM Strategy ($m_a=0.8$, $m_f=40$ for upper and lower switches and $m_f = 80$ for intermediate switches)

6 SIMULATION RESULTS

The cascaded five level inverter is modeled in SIMULINK using power system block set. Switching signals for CMLI are developed using unipolar inverted sine carrier PWM techniques discussed previously. Simulations are performed for different values of m_a ranging from 0.6 – 1. The corresponding %THD values are measured using FFT block and they are shown in Tables 1, 3 and 5. Tables 2, 4 and 6 display the V_{RMS} of fundamental of inverter output for same modulation indices. Figs. 18 - 47 show the simulated output voltages of CMLI and corresponding FFT plots for R-Phase with above strategies but for only one sample value of $m_a = 0.8$. Figs. 18-27 are for sine reference. Fig. 18 shows the five level output voltage generated by UISCOPDPWM strategy and its FFT plot is shown in Fig. 19. From Fig. 19, it is observed that the UISCOPDPWM strategy produces significant 7th, 9th, 31st, 33rd and 37th harmonic energy. Fig. 20 shows the five level output voltage generated by UISCAPDPWM strategy and its FFT plot is shown in Fig. 21. From Fig. 21, it is observed that the UISCAPDPWM produces significant 3rd, 5th, 9th, 31st, 35th, 37th and 39th harmonic energy. Fig. 22 shows the five level output voltage generated by UISCOPWM strategy and its FFT plot is shown in Fig. 23. From Fig. 23, it is observed that the UISCOPWM strategy produces

no significant/dominant harmonic. Fig. 24 shows the five level output voltage generated by UISCPSPWM strategy and its FFT plot is shown in Fig. 25. From Fig. 25, it is observed that the UISCPSPWM strategy produces significant 3rd, 5th and 7th harmonic energy. Fig. 26 shows the five level output voltage generated by UISCVPWM strategy and its FFT plot is shown in Fig. 27. From Fig. 27, it is observed that the UISCVPWM strategy produces significant 7th, 9th, 35th and 39th harmonic energy.

The next ten figures show results for 60 degree PWM strategy. Fig. 28 shows the five level output voltage generated by UISCDDPWM (60 degree) strategy and its FFT plot is shown in Fig. 29. From Fig. 29, it is observed that the UISCDDPWM (60 degree) strategy produces significant 3rd, 11th, 27th, 29th and 37th harmonic energy. Fig. 30 shows the five level output voltage generated by UISCADDPWM (60 degree) strategy and its FFT plot is shown in Fig. 31. From Fig. 31, it is observed that the UISCADDPWM (60 degree) strategy produces significant 3rd, 5th, 7th, 27th, 31st, 33rd and 35th harmonic energy. Fig. 32 shows the five level output voltage generated by UISCOPWM (60 degree) strategy and its FFT plot is shown in Fig. 33. From Fig. 33, it is observed that the UISCOPWM (60 degree) strategy produces significant 3rd and 37th harmonic energy. Fig. 34 shows the five level output voltage generated by UISCPSPWM (60 degree) strategy and its FFT plot is shown in Fig. 35. From Fig. 35, it is observed that the UISCPSPWM (60 degree) strategy produces significant 3rd and 5th harmonic energy. Fig. 36 shows the five level output voltage generated by UISCVPWM (60 degree) strategy and its FFT plot is shown in Fig. 37. From Fig. 37, it is observed that the UISCVPWM (60 degree) strategy produces significant 3rd and 11th harmonic energy.

The next ten figures show results for stepped wave PWM strategy. Fig. 38 shows the five level output voltage generated by UISCDDPWM (stepped wave) strategy and its FFT plot is shown in Fig. 39. From Fig. 39, it is observed that the UISCDDPWM (stepped wave) strategy produces significant 15th, 21st, 23rd, 25th, 31st and 37th harmonic energy. Fig. 40 shows the five level output voltage generated by UISCADDPWM (stepped wave) strategy and its FFT plot is shown in Fig. 41. From Fig. 41, it is observed that the UISCADDPWM (stepped wave) strategy produces significant 3rd, 5th, 11th, 15th, 19th, 25th, 27th, 29th, 31st, 33rd, 35th and 37th harmonic energy. Fig. 42 shows the five level output voltage generated by UISCOPWM (stepped wave) strategy and its FFT plot is shown in Fig. 43. From Fig. 43, it is observed that the UISCOPWM (stepped wave) strategy produces significant 3rd, 7th, 9th, 21st, 23rd, 25th and 29th harmonic energy. Fig. 44 shows the five level output voltage generated by UISCPSPWM (stepped wave) strategy and its FFT plot is shown in Fig. 45. From Fig. 45, it is observed that the UISCPSPWM (stepped) strategy produces significant 3rd, 5th, 7th, 21st, 23rd and 25th harmonic energy. Fig. 46 shows the five level output voltage generated by UISCVPWM (stepped wave) strategy and its FFT plot is shown in Fig. 47. From Fig. 47, it is observed that the UISCVPWM (stepped wave) strategy produces significant 3rd, 11th, 15th, 23rd, 25th, 27th and 35th harmonic energy. The following parameter values are used for simulation: $V_{DC} = 220V$ and R (load) = 100 ohms.

6.1 SIMULATION RESULTS FOR SINUSOIDAL REFERENCE

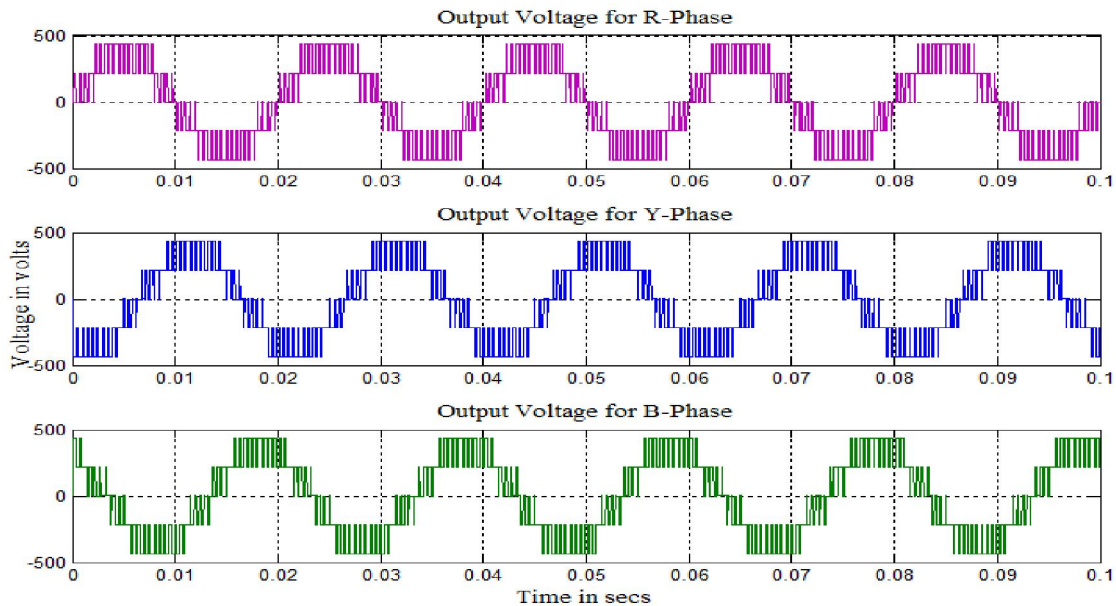


Fig. 18. Output Voltage Generated by UISCDDPWM Strategy

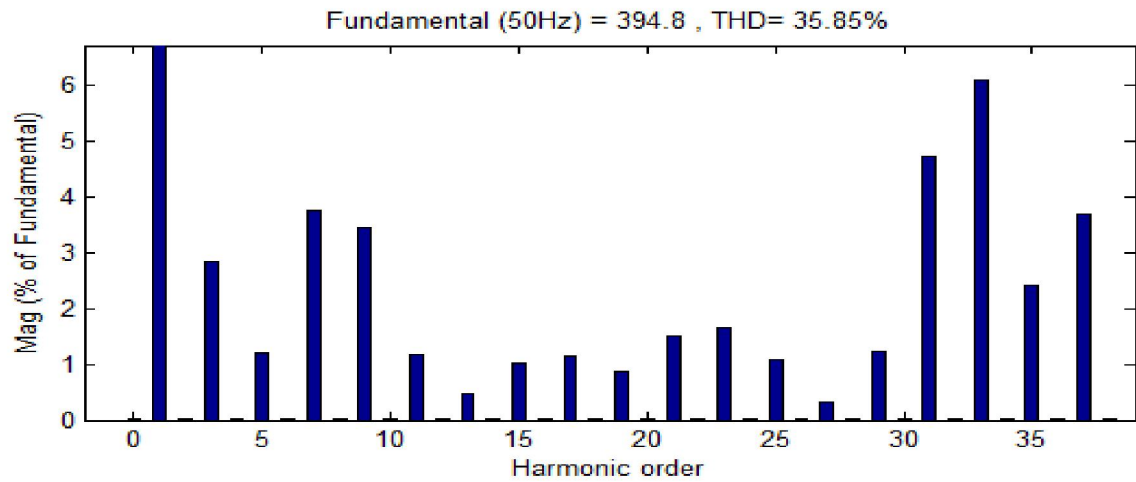


Fig. 19. FFT Plot for Output Voltage of UISC DPWM Strategy

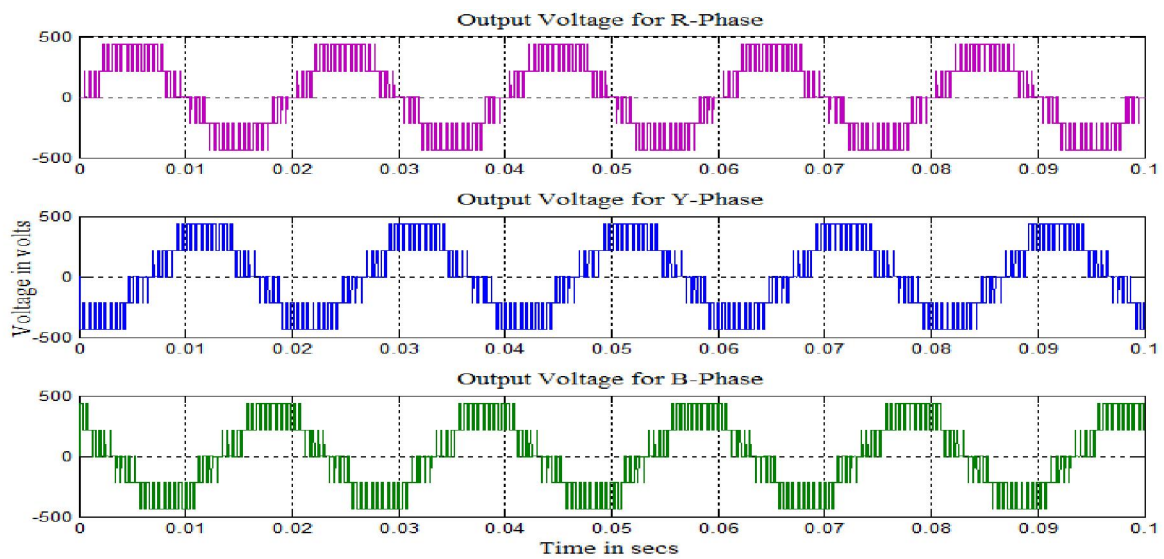


Fig. 20. Output Voltage Generated by UISC APODPWM Strategy

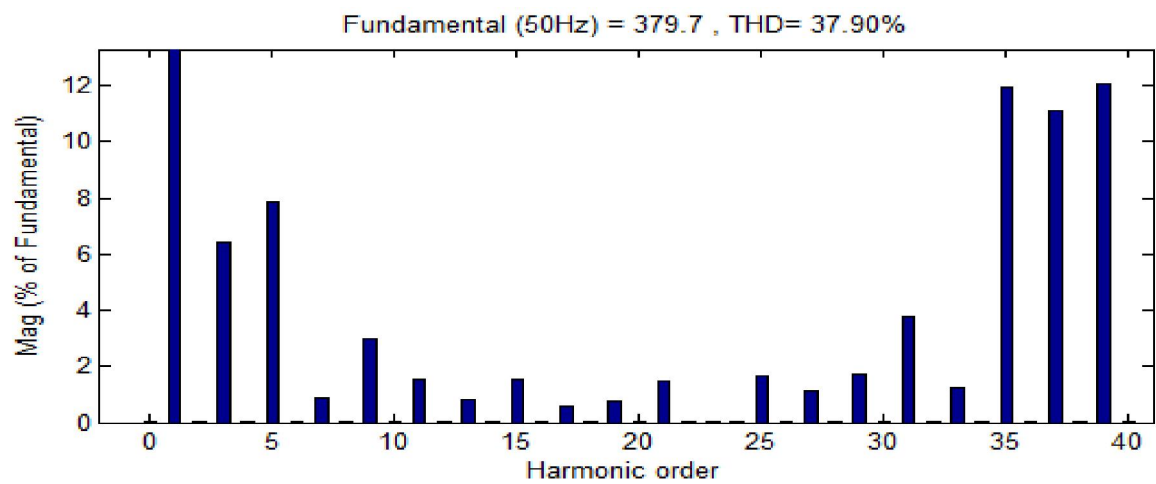


Fig. 21. FFT Plot for Output Voltage of UISC APODPWM Strategy

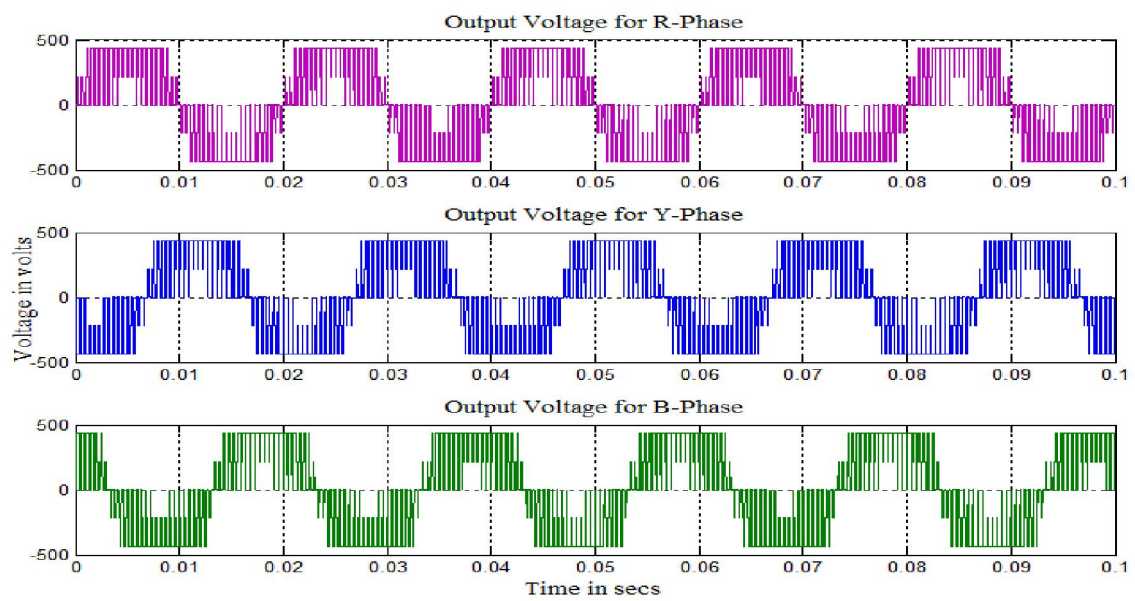


Fig. 22. Output Voltage Generated by UISCCOPWM Strategy

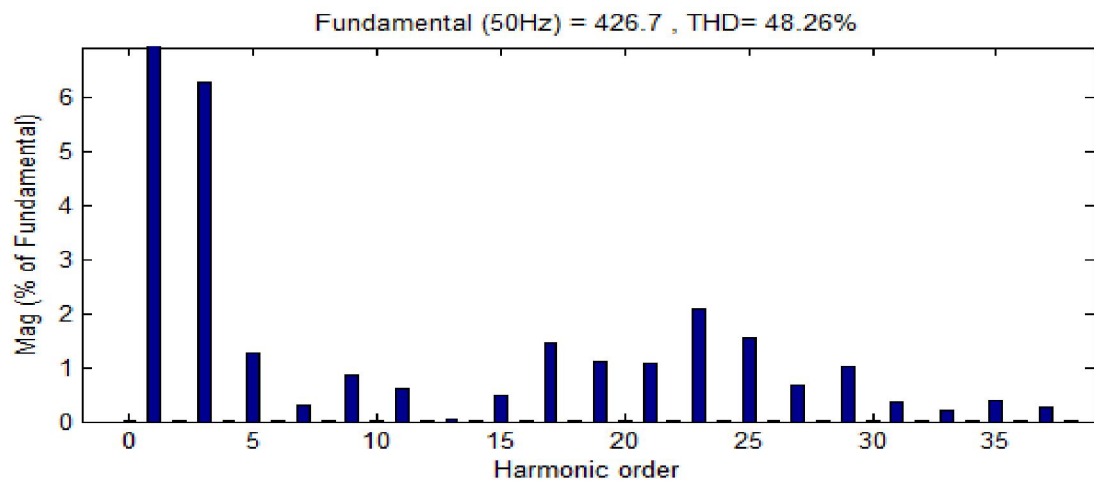


Fig. 23. FFT Plot for Output Voltage of UISCCOPWM Strategy

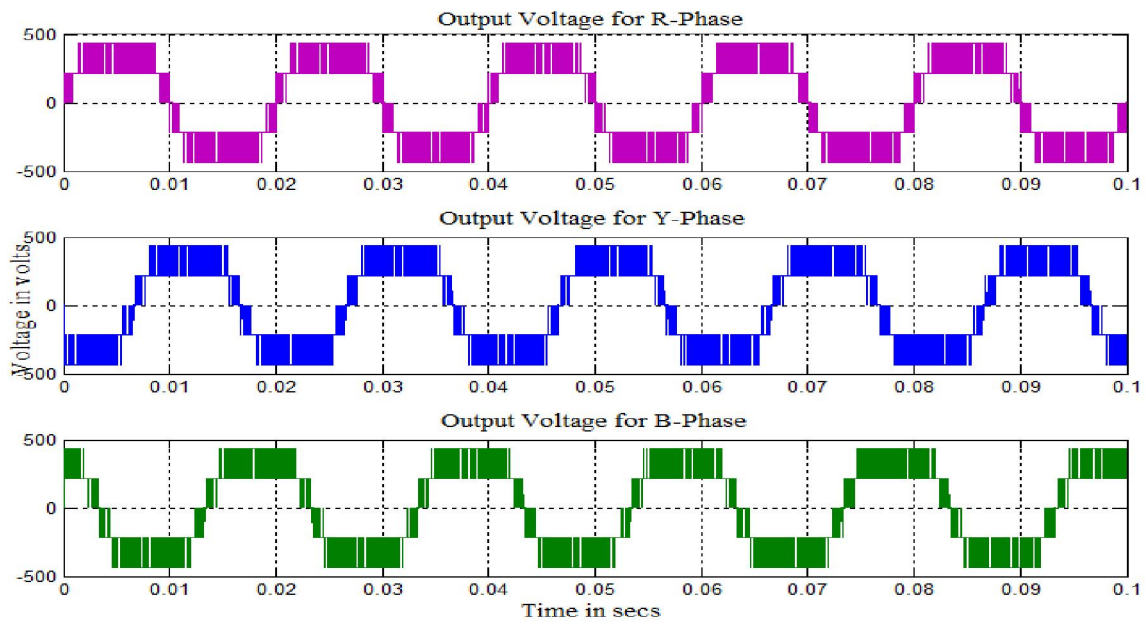


Fig. 24. Output Voltage Generated by UISCPSPWM Strategy

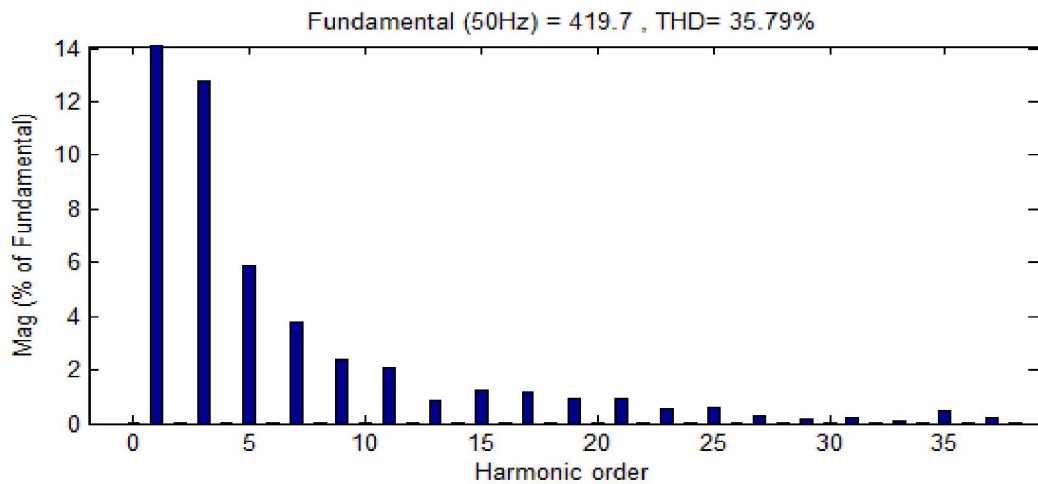


Fig. 25. FFT Plot for Output Voltage of UISCPSPWM Strategy

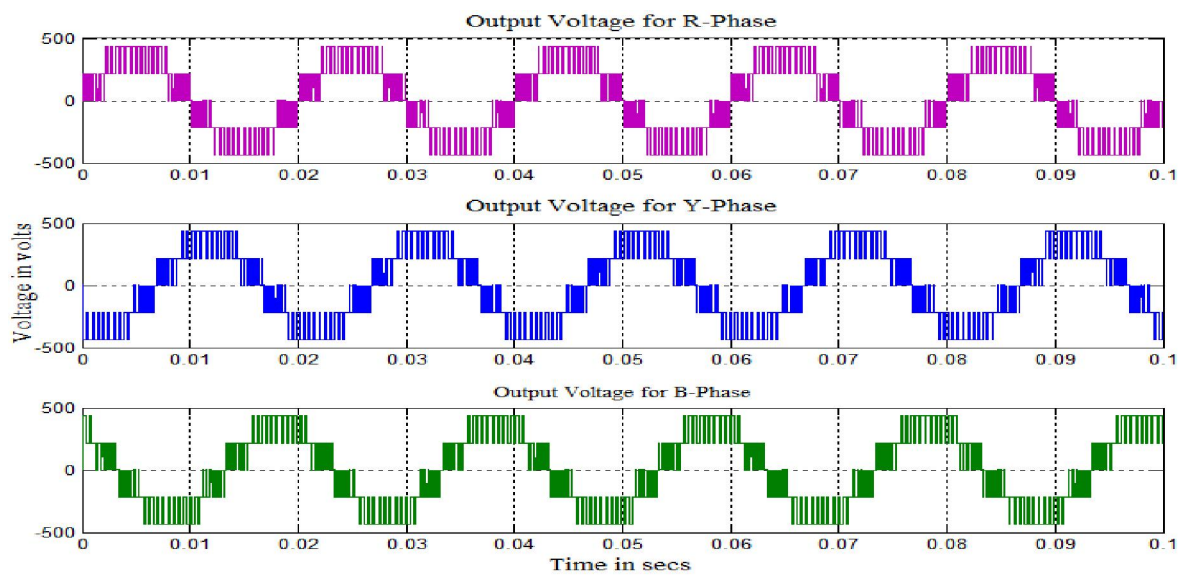


Fig. 26. Output Voltage Generated by UISCVPWM Strategy

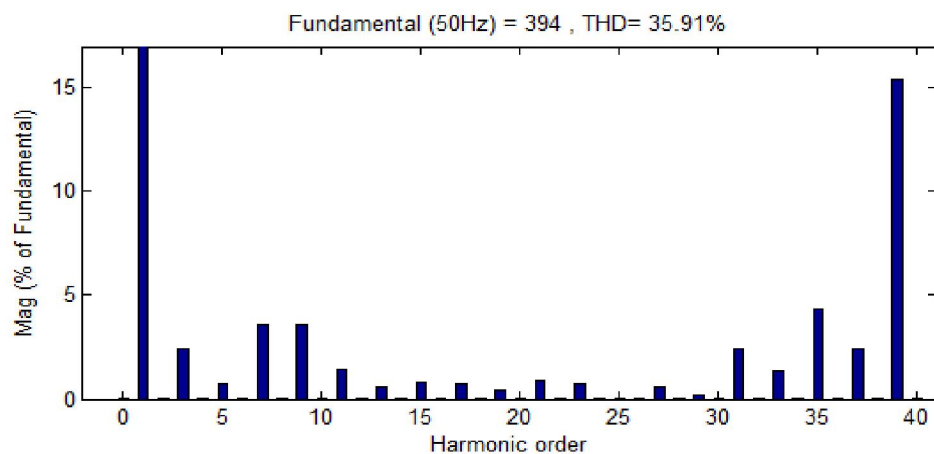


Fig. 27. FFT Plot for Output Voltage of UISCVPWM Strategy

6.2 SIMULATION RESULTS FOR 60 DEGREE PWM REFERENCE

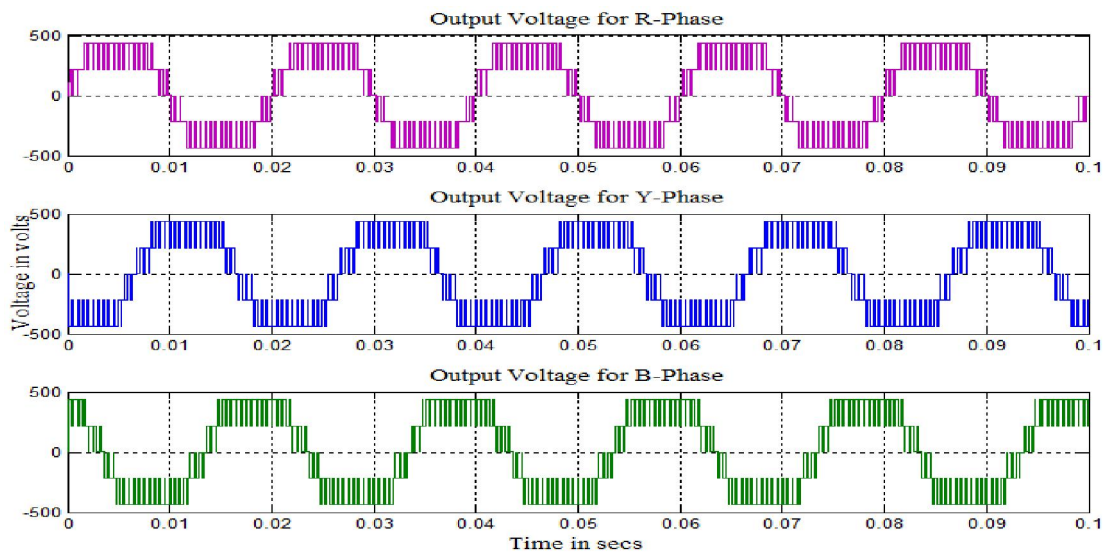


Fig. 28. Output Voltage Generated by UISC DPWM Strategy

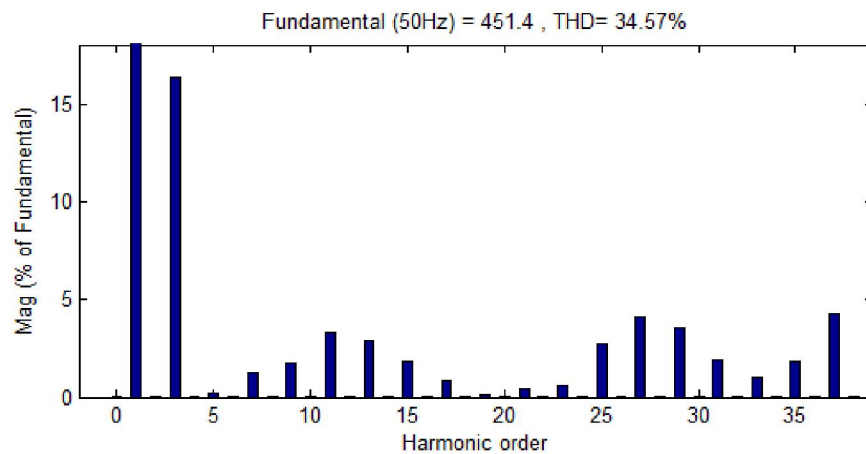


Fig. 29. FFT Plot for Output Voltage of UISC DPWM Strategy

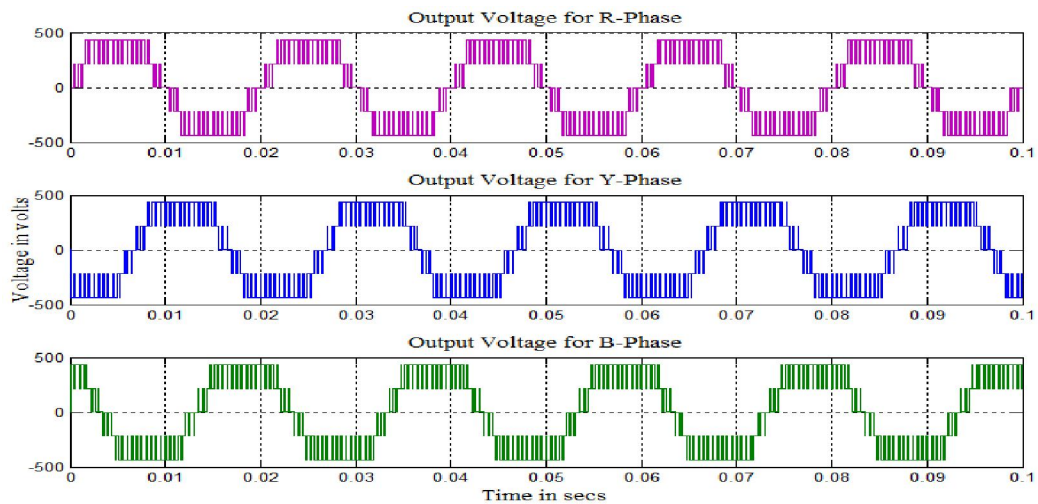


Fig. 30. Output Voltage Generated by UISC APDPWM Strategy

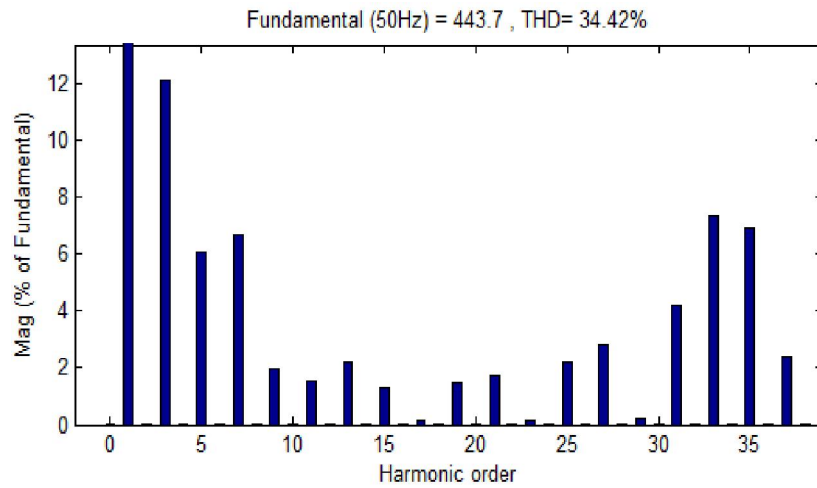


Fig. 31. FFT Plot for Output Voltage of UISCAPD PWM Strategy

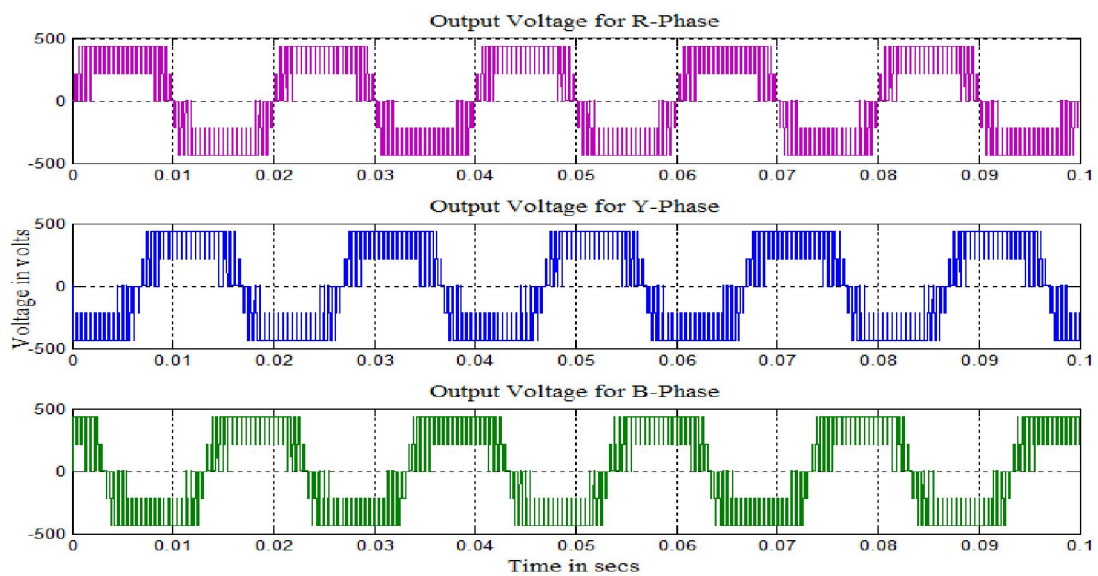


Fig. 32. Output Voltage Generated by UISCOPWM Strategy

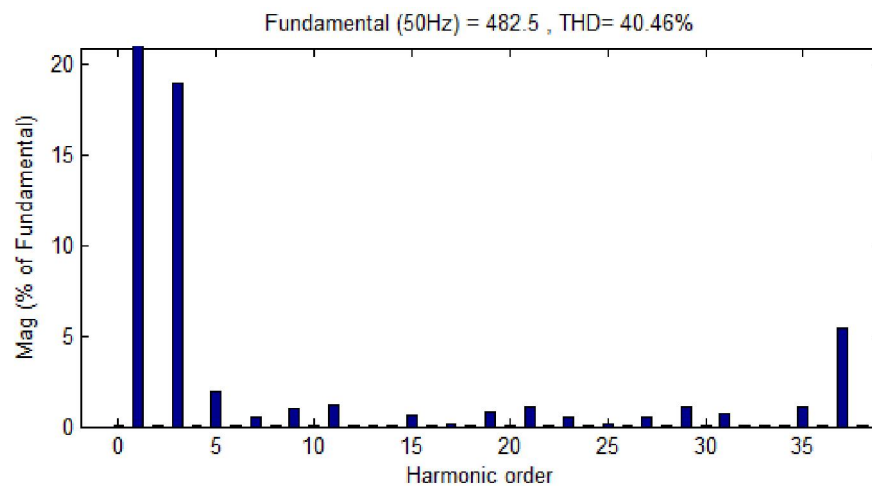


Fig. 33. FFT Plot for Output Voltage of UISCOPWM Strategy

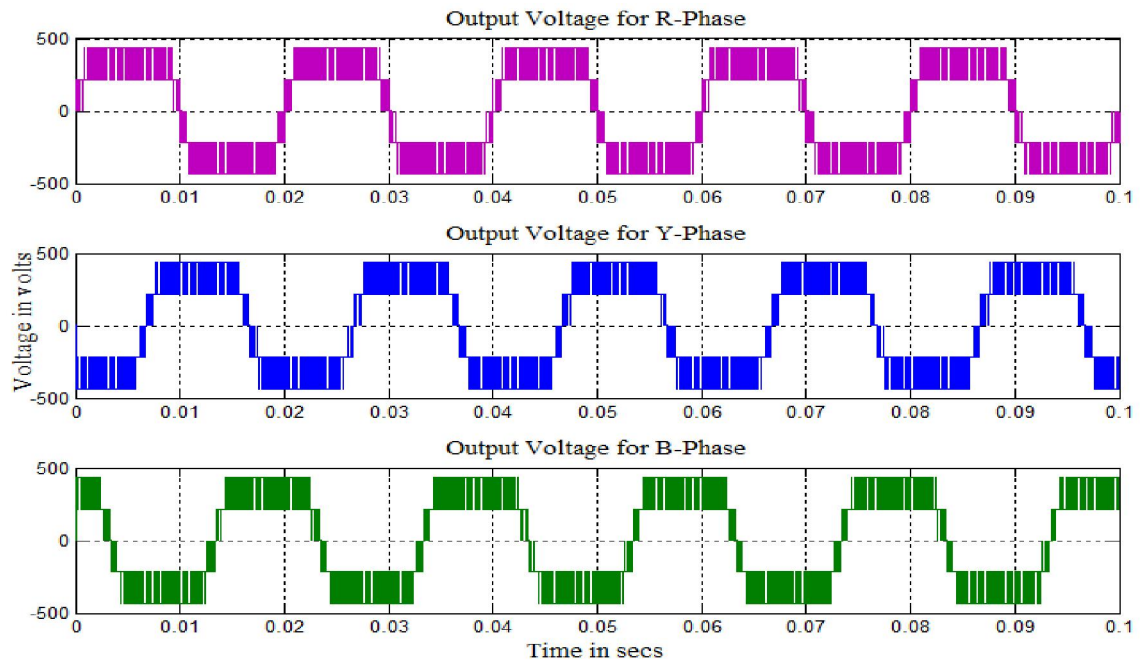


Fig. 34. Output Voltage Generated by UISCPSPWM Strategy

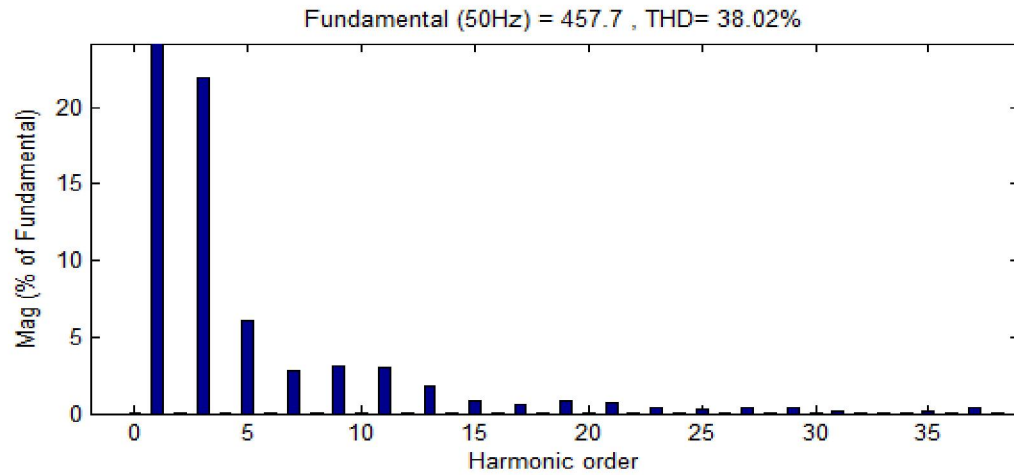


Fig. 35. FFT Plot for Output Voltage of UISCPSPWM Strategy

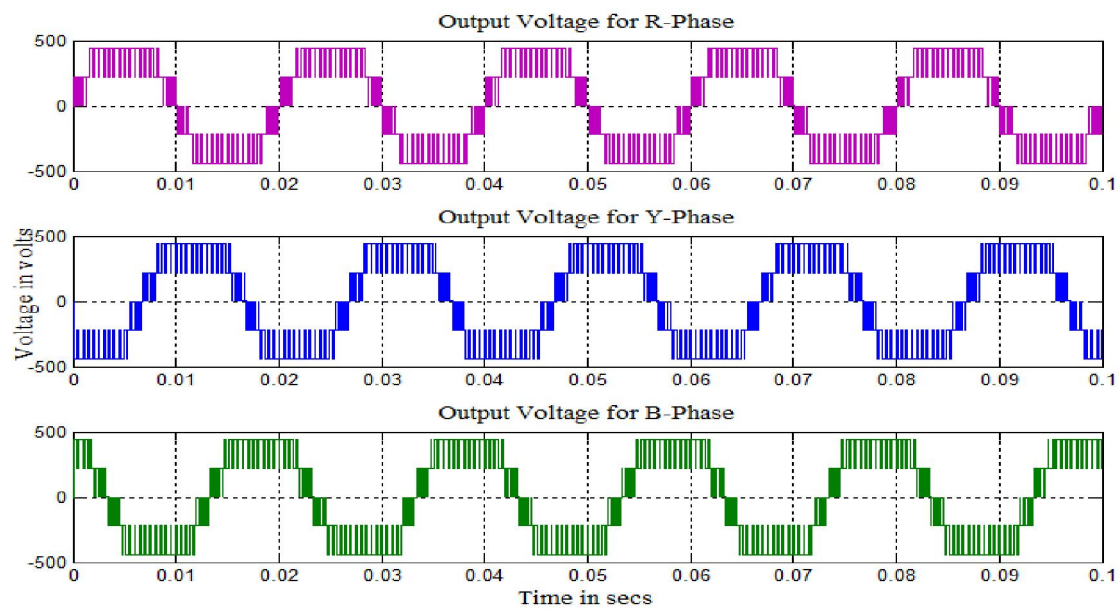


Fig. 36. Output Voltage Generated by UISCVFPWM Strategy

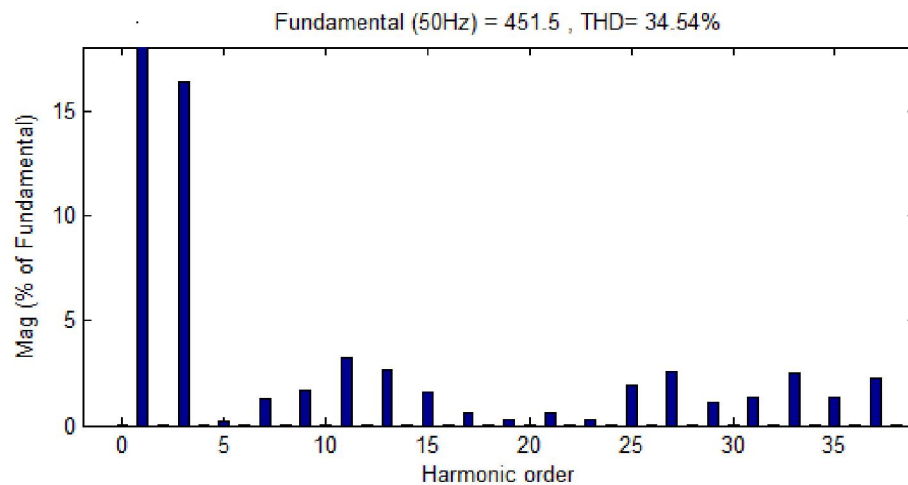


Fig. 37. FFT Plot for Output Voltage of UISCVFPWM Strategy

6.3 SIMULATION RESULTS FOR STEPPED WAVE PWM TECHNIQUE

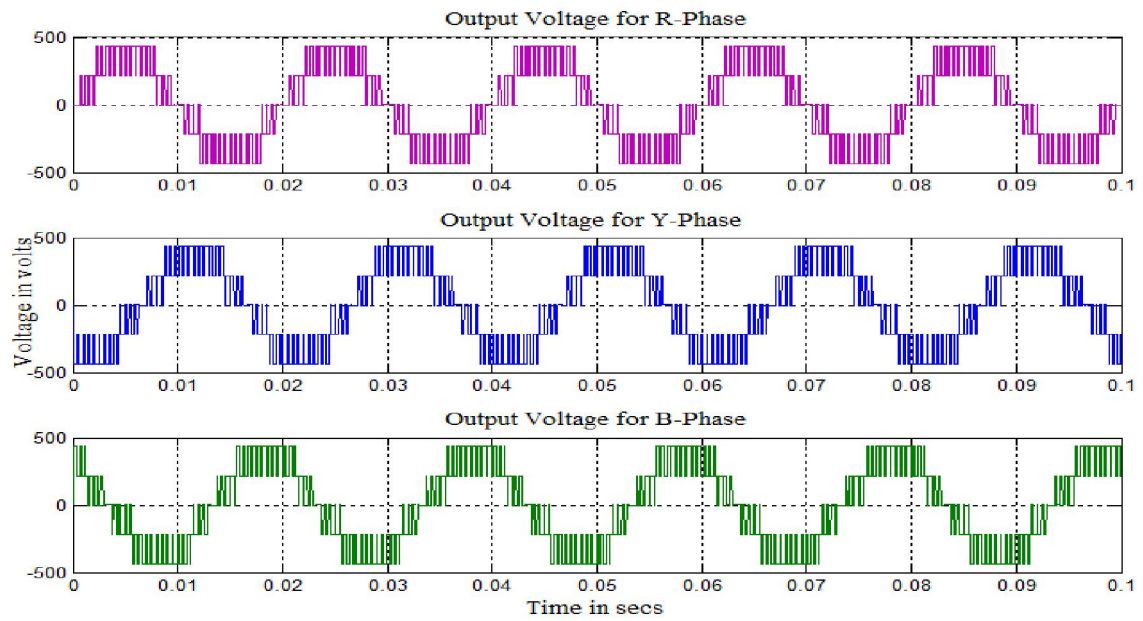


Fig. 38. Output Voltage Generated by UISCPDPWM Strategy

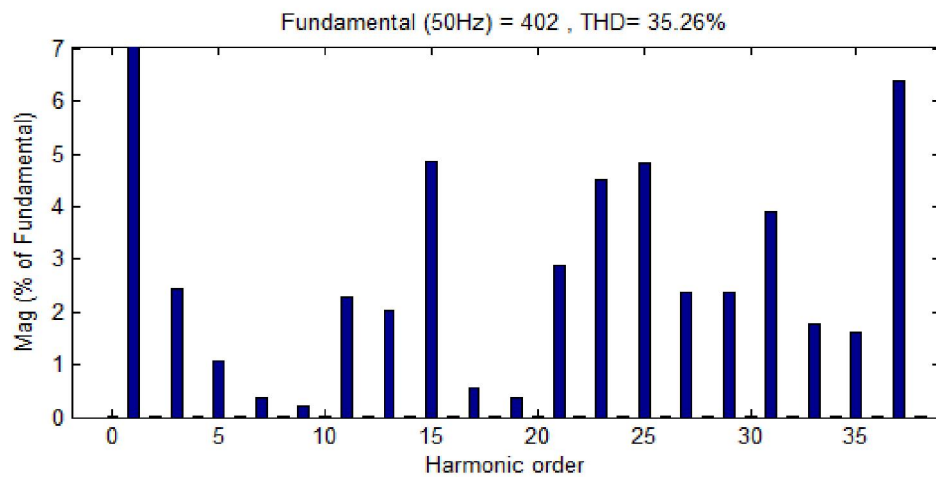


Fig. 39. FFT Plot for Output Voltage of UISCPDPWM Strategy

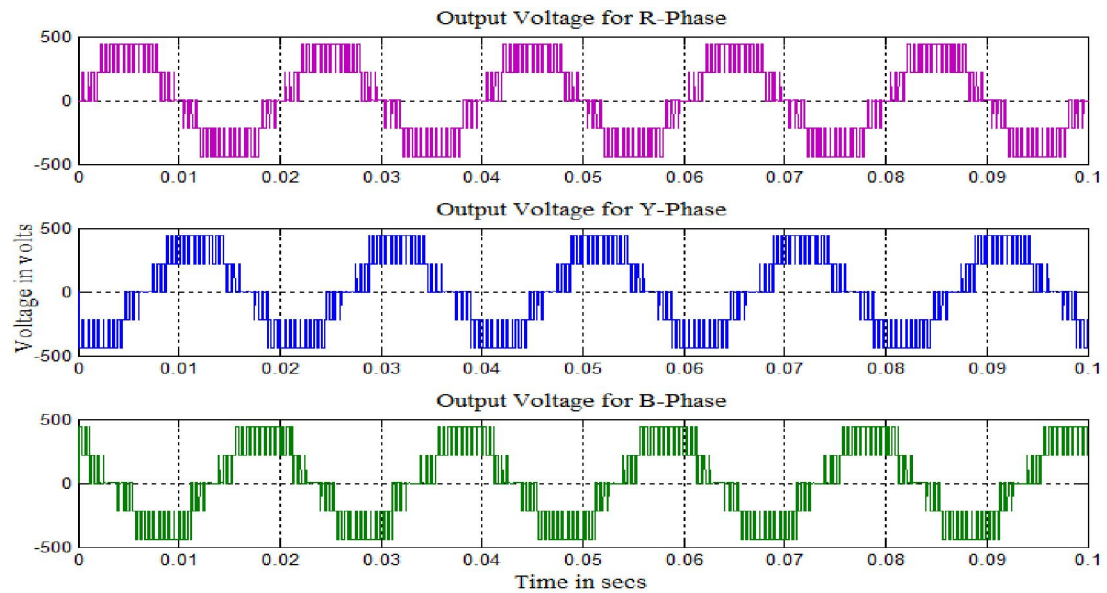


Fig. 40. Output Voltage Generated by UISCAPDPWM Strategy

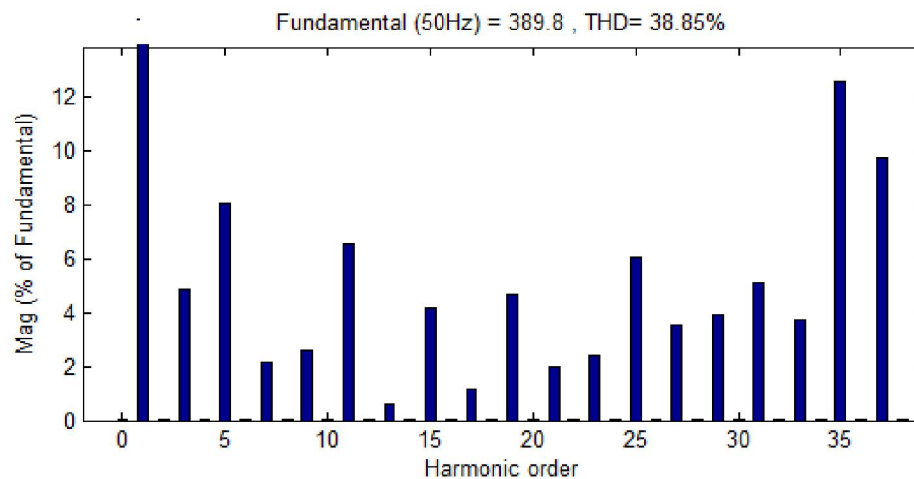


Fig. 41. FFT Plot for Output Voltage of UISCAPDPWM Strategy

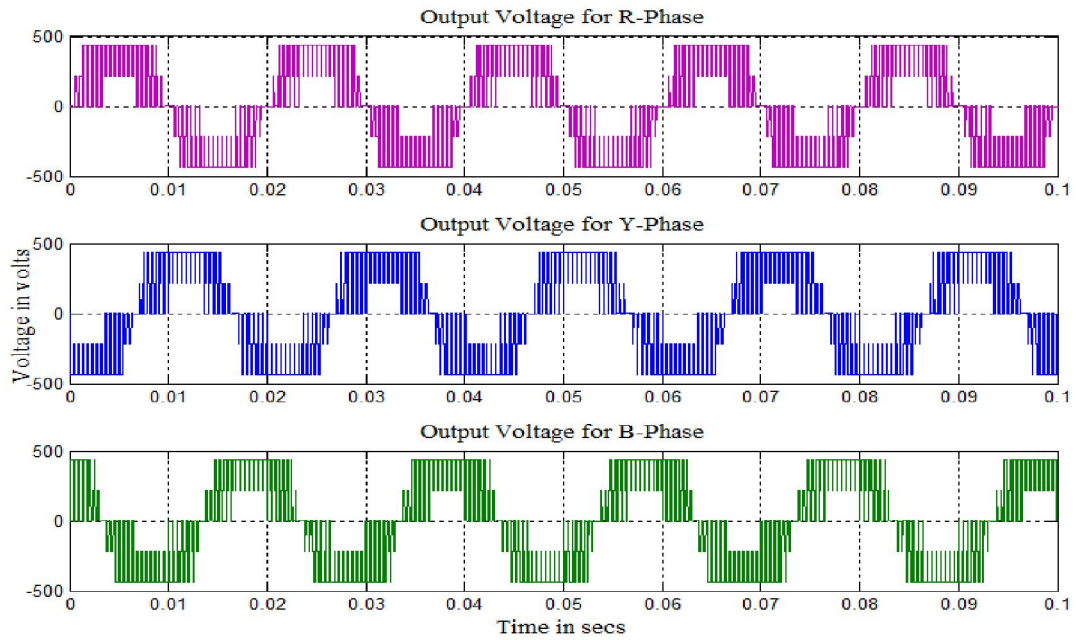


Fig. 42. Output Voltage Generated by UISCCOPWM Strategy

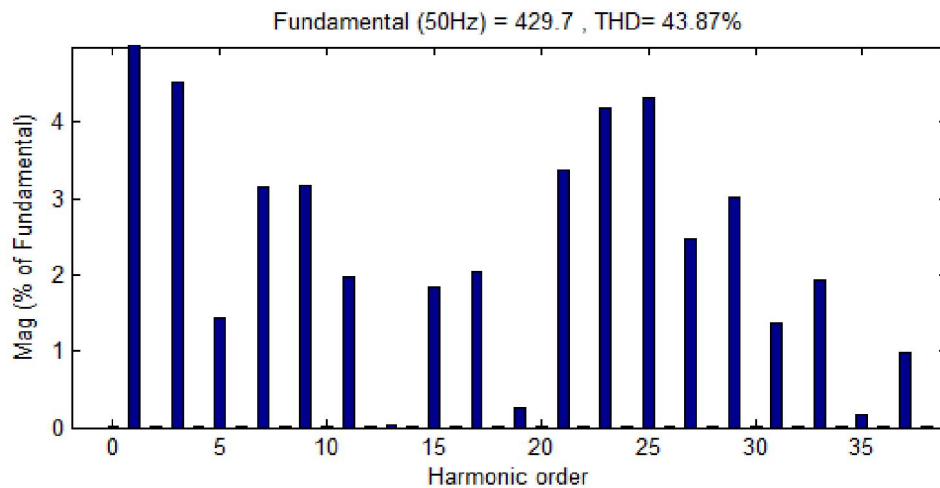


Fig. 43. FFT Plot for Output Voltage of UISCCOPWM Strategy

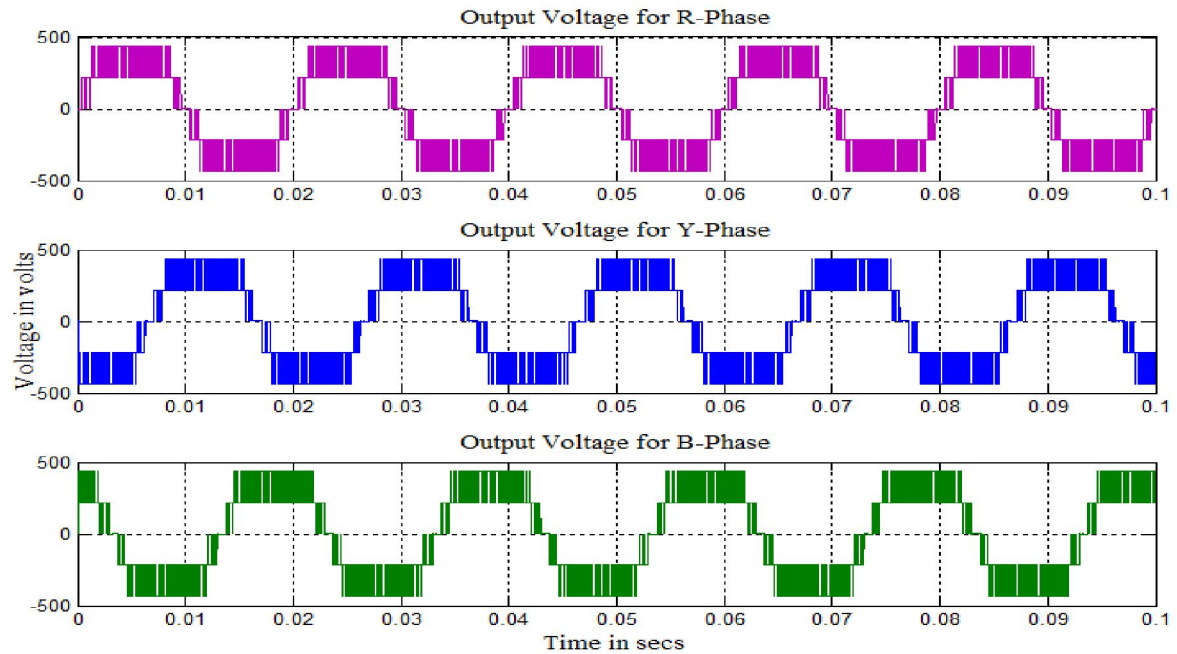


Fig. 44. Output Voltage Generated by UISCPSPWM Strategy

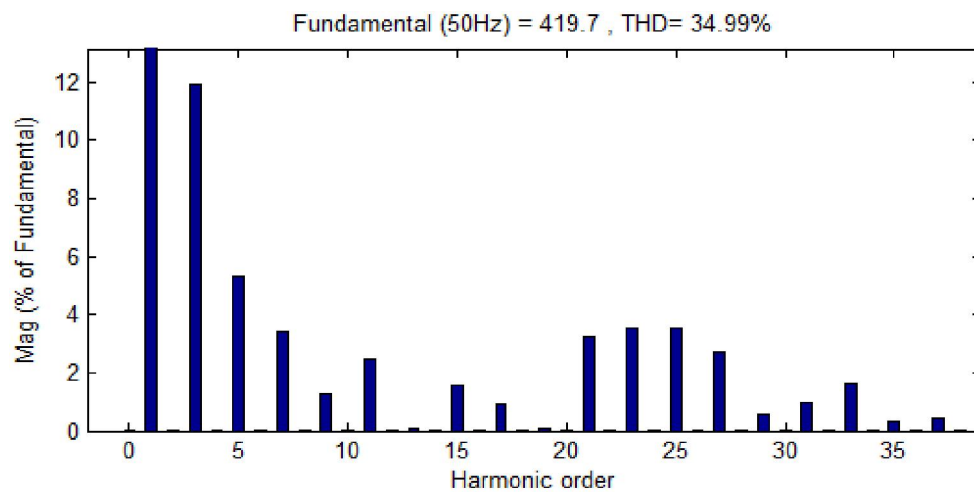


Fig. 45. FFT Plot for Output Voltage of UISCPSPWM Strategy

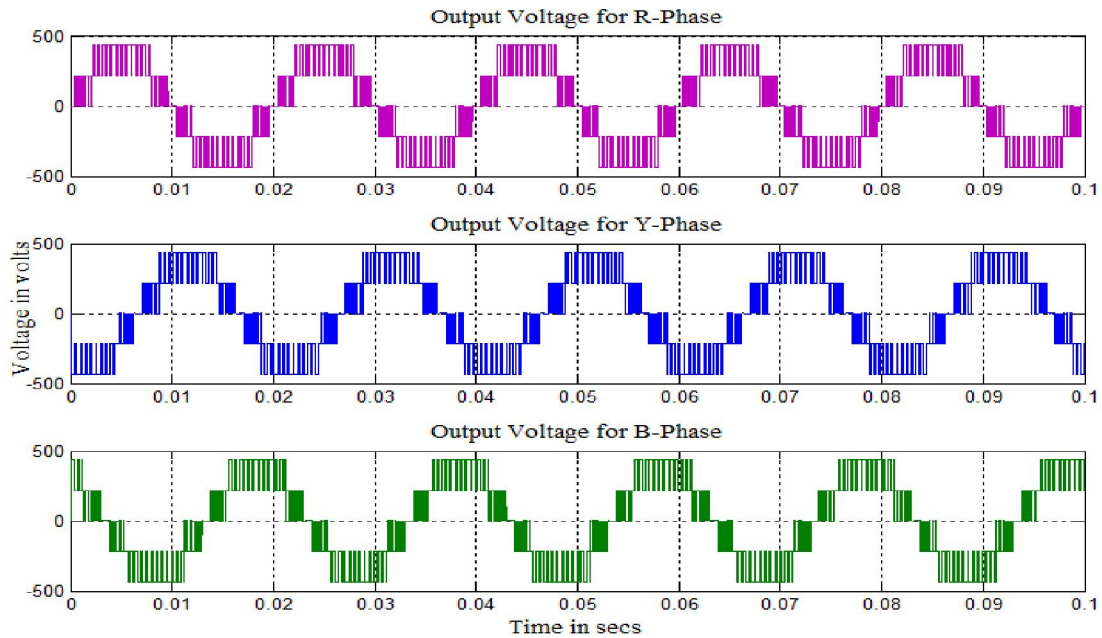


Fig. 46. Output Voltage Generated by UISCVPWM Strategy

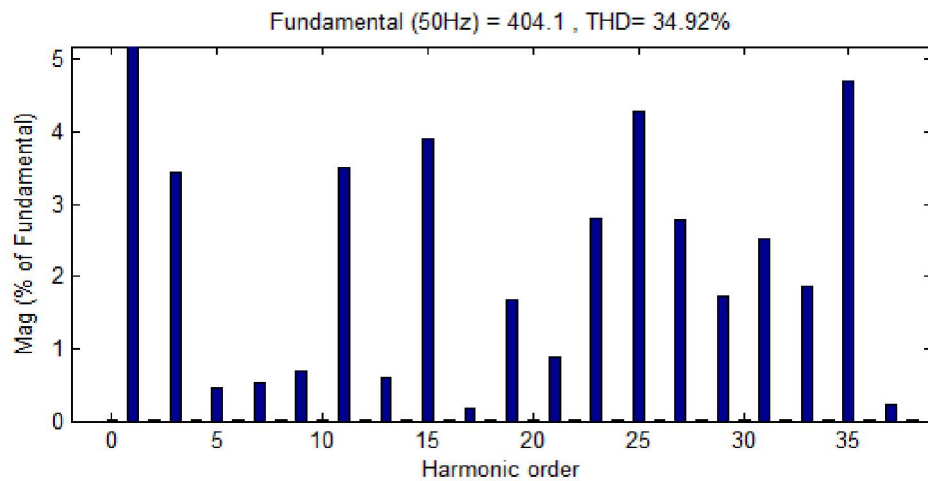


Fig. 47. FFT Plot for Output Voltage of UISCVPWM Strategy

Table 1. % THD for Different Modulation Indices with Sinusoidal Reference

m_a	UISCPD	UISCAPOD	UISCCO	UISCPS	UISCVF
1	26.74	26.85	37.20	28.76	26.46
0.9	30.97	32.84	40.89	32.05	30.87
0.8	35.85	37.90	48.26	35.79	35.91
0.7	40.08	44.53	58.12	38.43	40.27
0.6	44.87	52.58	68.97	40.45	44.38

Table 2. V_{RMS} (fundamental) for Different Modulation Indices with Sinusoidal Reference

m_a	UISCPD	UISCAPOD	UISCCO	UISPCS	UISCVF
1	328.7	322.5	342.2	338.1	328.9
0.9	304.7	295.7	325.2	318.5	304.8
0.8	279.1	268.5	301.7	296.8	278.6
0.7	249.8	234.6	275	275.1	249.5
0.6	213.6	191.7	244.3	253.7	214

Table 3. % THD for Different Modulation Indices with 60 Degree PWM Reference

m_a	UISCPD	UISCAPOD	UISCCO	UISPCS	UISCVF
1	25.74	24.64	33.16	28.73	25.57
0.9	31.19	29.91	36.95	32.57	31.00
0.8	34.57	34.42	40.46	38.02	34.54
0.7	39.54	39.44	51.11	39.46	39.64
0.6	42.20	43.11	61.57	43.07	42.13

Table 4. V_{RMS} (fundamental) for Different Modulation Indices with 60 Degree PWM Reference

m_a	UISCPD	UISCAPOD	UISCCO	UISPCS	UISCVF
1	370.6	367.7	375.3	371.6	370.6
0.9	343.2	340.8	359	352.1	343.4
0.8	319.2	313.7	341.2	323.6	319.2
0.7	289.7	283.5	311.7	306.7	289.4
0.6	257.2	248.1	278.1	277.8	257.3

Table 5. % THD for Different Modulation Indices with Stepped Wave Reference

m_a	UISCPD	UISCAPOD	UISCCO	UISPCS	UISCVF
1	21.79	23.23	36.18	26.88	22.01
0.9	29.33	32.90	40.76	30.50	29.02
0.8	35.26	38.85	43.87	34.99	34.92
0.7	39.30	43.02	54.42	36.36	39.65
0.6	42.60	56.73	65.61	38.21	42.32

Table 6. V_{RMS} (fundamental) for Different Modulation Indices with Stepped Wave Reference

m_a	UISCPD	UISCAPOD	UISCCO	UISPCS	UISCVF
1	330.3	327.2	344.7	336.6	330.9
0.9	307.1	299.5	325.6	319.2	309
0.8	284.2	275.6	303.9	296.8	285.7
0.7	249	239	275.9	280.7	249.9
0.6	216	190.5	245.9	252.1	217.2

Table 7. Crest Factor (CF) for Different Modulation Indices with Sinusoidal Reference

m_a	UISCPD	UISCAPOD	UISCCO	UISCPs	UISCVF
1	1.4140	1.4142	1.4140	1.4140	1.4144
0.9	1.4145	1.4139	1.4142	1.414	1.4143
0.8	1.4145	1.4141	1.4143	1.4140	1.4142
0.7	1.4143	1.4143	1.4138	1.4143	1.4144
0.6	1.4143	1.4141	1.4142	1.4138	1.4144

Table 8. Crest Factor (CF) for Different Modulation Indices with 60 Degree PWM Reference

m_a	UISCPD	UISCAPOD	UISCCO	UISCPs	UISCVF
1	1.4141	1.4141	1.4140	1.4141	1.4144
0.9	1.4143	1.4143	1.4142	1.4140	1.4140
0.8	1.4141	1.4144	1.4141	1.4144	1.4144
0.7	1.4142	1.4141	1.4141	1.4144	1.4143
0.6	1.4144	1.4143	1.4142	1.4143	1.4143

Table 9. Crest Factor (CF) for Different Modulation Indices with Stepped Wave Reference

m_a	UISCPD	UISCAPOD	UISCCO	UISCPs	UISCVF
1	1.4144	1.4144	1.4139	1.4144	1.4143
0.9	1.4141	1.4143	1.4143	1.4141	1.4142
0.8	1.4144	1.4136	1.4139	1.4140	1.4144
0.7	1.4140	1.4142	1.4139	1.4139	1.4141
0.6	1.4143	1.4141	1.4143	1.4141	1.4139

Table 10. Form factor for Different Modulation Indices with Sinusoidal Reference

m_a	UISCPD	UISCAPOD	UISCCO	UISCPs	UISCVF
1	INF	INF	INF	INF	INF
0.9	INF	INF	INF	INF	INF
0.8	INF	INF	INF	INF	INF
0.7	INF	INF	INF	INF	INF
0.6	INF	INF	INF	INF	INF

Table 11. Form factor for Different Modulation Indices with 60 Degree PWM Reference

m_a	UISCPD	UISCAPOD	UISCCO	UISCPs	UISCVF
1	INF	INF	INF	INF	INF
0.9	INF	INF	INF	INF	INF
0.8	INF	INF	INF	INF	INF
0.7	INF	INF	INF	INF	INF
0.6	INF	INF	INF	INF	INF

Table 12. Form factor for Different Modulation Indices with Stepped Wave Reference

m_a	UISCPD	UISCAPOD	UISCCO	UISCPs	UISCVF
1	INF	INF	INF	INF	INF
0.9	INF	INF	INF	INF	INF
0.8	INF	INF	INF	INF	INF
0.7	INF	INF	INF	INF	INF
0.6	INF	INF	INF	INF	INF

7 CONCLUSION

It is observed from Tables 1, 3 and 5 that UISCAPODPWM with 60 degree PWM reference provides output with relatively low distortion, UISCPSPWM and UISCVFPWM with sine and stepped wave references respectively also provide output with relatively low distortion. For all three chosen references UISCCOPWM is found to perform better since it provides relatively higher fundamental RMS output voltage (Tables 2, 4 and 6) and UISCCOPWM with 60 degree PWM is found to provide highest output. Tables 7, 8 and 9 provide crest factor and Tables 10, 11 and 12 provide FF for all modulating indices. Depending on the performance measure required in a particular application of chosen MLI based on the expected output quality, appropriate PWM may be employed.

REFERENCES

- [1] Fang Zhang Peng, "A generalized multilevel inverter topology with self voltage balancing, " *IEEE Trans. on Industry Applications*, vol. 37, n^o. 2, pp. 611- 618, 2001.
- [2] Jose Rodriguez, Jih-Sheng Lai, and Fang Zheng, "Multilevel Inverters: A Survey of Topologies, Controls and Applications," *IEEE Transactions on Power Electronics*, vol. 49, n^o. 4, pp.724-738, 2002.
- [3] C. Keith, A. Wielebski Mike, W. Peng Fang, and J. Wang, "Control of cascaded multilevel inverter," *IEEE Transaction on Power Electronics*, vol. 19, n^o. 3, pp.732-738, 2004.
- [4] S. Jeevananthan, R. Nandhakumar, and P. Dananjayan, "Inverted sine carrier for fundamental fortification in PWM inverters and fpga based implementations," *Serbian Journal of Electrical Engineering*, vol. 4, n^o. 2, pp. 171-187, 2007.
- [5] R. Gupta, A. Ghosh, and A. Joshi, "Switching characteristics of cascaded multilevel controlled systems," *IEEE Trans. on Industrial Electronics*, vol. 55, n^o. 3, pp. 1047-1057, 2008.
- [6] M. Malinowski, K. Gopakumar, J. Rodriguez, and A. Perez, "A Survey on Cascaded Multilevel Inverters," *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, vol. 57, n^o.7, pp 2197-2206, July 2010.
- [7] R. Seyezhai, and B.L. Mathur, "Hybrid multilevel inverter using ISPWM technique for single phase inverter," *International Journal of Computer Applications*, vol. 2, pp. 602-610, 2012.
- [8] A. Maiti, "Development of microcontroller based ISPWM Switching technique for single phase inverter," *International Journal of Engineering Science and Technology*, vol. 3, n^o. 6, pp.5298-5305, 2011.
- [9] R. Seyezhai, and B.L. Mathur, "Inverted sine pulse width modulated three phase cascaded multilevel inverter," *International Journal of Advances in Engineering and Technology*, vol. 2, pp. 602-610, 2010.
- [10] R. Bensraj, S.P. Natarajan, and B. Shanthi, "Unipolar pwm using trapezoidal amalgamated rectangular function for improved performance of multilevel inverter," *International Journal of Computer Applications*, vol. 7, n^o. 13, pp 19 – 24, 2010.
- [11] B. Urmila, D. Subbarayudu, "Multilevel Inverters : A comparative study of pulse width modulation techniques," *Journal of scientific and engineering research*, vol. 1, n^o. 13, pp. 1-5, 2010.

Apport de la télédétection et des SIG dans l'identification des ressources en eau souterraine dans la région de Daoukro (Centre-Est de la Côte d'Ivoire)

[Contribution of the remote sensing and GIS in the underground identification of the water resources in Daoukro region (east-central Côte d'Ivoire)]

Kanohin Fulvie epse Otchoumou¹, Saley Mahaman Bachir², Aké Gabriel Etienne², and Savané Issiaka¹

¹Laboratoire Géosciences et Environnement,
Université Nangui Abrogoua,
Abidjan, Côte d'Ivoire

²Laboratoire des Sciences et Techniques de l'Eau et de l'Environnement,
Université Felix Houphouët Boigny,
Abidjan, Côte d'Ivoire

Copyright © 2012 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The access to drinking water, in particular in the rural areas and semi-rural in Ivory Coast, constitutes a paramount factor in economic development, the improvement of the standard of living of the populations and their stabilization. The present study aims to raise the unequal distribution of the water supply points for the area of Daoukro and to make a contribution in the research of the zones favorable with the establishment of the productive water supply points in order to allow a good cover of the water needs. The adopted methodological approach is summarized in two stages: initially design of the chart of the water requirements (the access to drinking water) which highlights the zones of deficits followed by the cartography of the sites of establishment of the future water supply points. The knowledge of the space distribution of the population and amongst water supply point by locality made it possible to calculate the access to drinking water of the populations. The analysis of the chart set of themes of the storage areas reveals that nearly 80% of the total surface areas are occupied by zones favorable to the existence of groundwater. The various suitable zones with the establishment of work to large flows were charted and more than 150 sites favorable to the future establishments were selected.

KEYWORDS: Drinking water, population, cartography set of themes, remote sensing, GIS.

RESUME: L'accès à l'eau potable, notamment dans les zones rurales et semi-rurales en Côte d'Ivoire, constitue un facteur primordial dans le développement économique, l'amélioration du niveau de vie des populations et leur stabilisation en zone rurale. La présente étude a pour objectif de relever l'inégale répartition des points d'eau dans la région de Daoukro et d'apporter une contribution dans la recherche des zones propices à l'implantation des points d'eau productifs afin de permettre une bonne couverture des besoins en eau de la région. La démarche méthodologique adoptée se résume en deux étapes : d'abord la conception de la carte des besoins en eau qui met en évidence les zones de déficits suivie de la cartographie des sites d'implantation des futurs points d'eau. La connaissance de la répartition spatiale de la population et du nombre de point d'eau par localité a permis de calculer l'accès à l'eau potable des populations. Les différentes zones convenables à l'implantation d'ouvrage à gros débits ont été cartographiées et plus de 150 sites favorables aux futures implantations ont été sélectionnés.

MOTS-CLES: Besoin en eau, population, cartographie thématique, télédétection, linéaments, SIG, Côte d'Ivoire.

1 INTRODUCTION

L'eau est une ressource essentielle aux besoins fondamentaux de l'homme et à son environnement. Les eaux souterraines constituent une ressource vitale pour satisfaire les besoins en eau douce des collectivités. La région de Daoukro objet de la présente étude se trouve dans une situation d'accessibilité difficile aux ressources en eau souterraine à cause de la forte épaisseur d'altérites qui recouvre le socle. En effet les ouvrages hydrauliques déjà réalisés ont des débits en général faibles et sont inégalement répartis. Aujourd'hui, le taux de desserte en eau potable dans la région en zone rurale est de 30 %. Actuellement, l'accès aux sources d'eau améliorées (hydraulique villageoise améliorée) est limité à travers la région de Daoukro [1]. L'objectif de cette étude est de relever l'inégale répartition des ouvrages hydrauliques et d'identifier des sites favorables pour implanter des forages à gros débits à l'aide de la télédétection et du Système d'Information Géographique (SIG). Les connaissances hydrogéologiques et géologiques traitées grâce à un Système d'Information hydrogéologique à Référence Spatiale (SIHRS) pourront aider à la cartographie des réservoirs souterrains et des sites favorables à l'implantation d'ouvrages à gros débits.

1.1 PRÉSENTATION DE LA ZONE D'ÉTUDE

Située au Centre-Est de la Côte d'Ivoire, la zone d'étude (Daoukro) est comprise entre la longitude 3°29' et 4°34' Ouest et la latitude 6°55' et 7°32' Nord (fig. 1). La zone d'étude est moyennement arrosée avec une pluviométrie moyenne annuelle de 1103 mm. Les pluies sont moins importantes, irrégulières et mal réparties. Le paysage de la zone d'étude se caractérise par des reliefs de flyschs éburnéens formant de petites collines allongées et à pentes très faibles. La région est drainée par deux cours d'eau principaux, le N'zi à l'Ouest et le fleuve Comoé à l'Est qui ont des crues très modestes. La végétation et le sol sont favorables aux cultures d'exportations, de même qu'aux cultures vivrières [2]. Le département a une superficie de 3745 km² et une population estimée à 112188 habitants, soit une densité de 38 habitants/km² [3]. Cette population essentiellement agricole est constituée d'Agni, de Baoulé et d'une minorité d'allogènes. D'après les études géologiques antérieures, les roches de la zone d'étude appartiennent au domaine paléoprotérozoïque. Ces formations géologiques sont subdivisées en deux ensembles que sont les formations antébirimienues et les ensembles volcano-sédimentaires [4]. La région dispose de deux types d'aquifères qui sont les aquifères d'altérites et les aquifères du socle fissuré. Cependant, ce socle est recouvert d'épaisses couches d'altérites (plus de 100 m par endroit) qui réduit considérablement le taux de succès des forages [1].

2 MÉTHODES

Cette étude a nécessité l'utilisation de plusieurs types de données dont les cartes géologiques et topographiques des degrés carrés de M'Bahiakro et Agnibilékrou dari à l'échelle 1/200 000 réalisées respectivement par la Direction de la Géologie et par le Centre de Cartographie et de Télédétection de Côte d'Ivoire (CCT) ; les images satellitaires ETM+ de Landsat-7 (scènes 196-055 du 29 janvier 2002) ont été utilisées pour la cartographie du réseau linéamentaire. Les images satellitaires ont été traitées au Centre Universitaire de Recherche et d'Application en télédétection (C.U.R.A.T) de l'Université de Cocody (Abidjan-Côte d'Ivoire) ; les données hydrogéologiques comportent les fiches techniques des forages issues de l'antenne d'hydraulique villageoise de Yamoussoukro. De 1976 à 2004, 443 forages d'eau ont été réalisés dans la région de Daoukro ; les données de populations de 1998 (dernier recensement) proviennent de l'institut national de statistique (INS).

2.1 CARTOGRAPHIE DES LINÉAMENTS

La cartographie des linéaments a été rendue possible grâce aux différents traitements appliqués à l'image corrigée Landsat ETM+ scène 196-055 du 29 janvier 2002. Les méthodes utilisées pour le traitement de l'image comprennent l'analyse en composante principale (ACP), les combinaisons d'images (additions et rapports de bandes), les compositions colorées et les techniques de filtrage spatial (les filtres de Sobel). L'organigramme de la fig. 2 résume les grandes lignes de toutes ces opérations.

- **Analyse en composante principale**

L'Analyse en Composantes Principales (ACP) est une opération effectuée sur plusieurs canaux, dans le but d'améliorer la qualité des images, de supprimer les redondances d'informations et de compiler les données [5]. Le résultat prend la forme de plusieurs nouveaux canaux présentant un intérêt explicatif décroissant. Dans cette étude, elle a été réalisée avec les bandes ETM+ de landsat 7. L'état de corrélation entre les différentes bandes est représenté par le tableau I. L'analyse de ce tableau permet de retenir les néo-canaux ACP1, ACP2 et ACP3 qui contiennent respectivement 82,05 % ; 9,73 % et 4,22 %

d'informations. Il en résulte donc que 96 % d'information sur l'image de la zone d'étude sont contenues dans ces trois néo-canaux. La technique de l'étalement linéaire a ensuite été appliquée à ces néo-canaux pour une amélioration du contraste.

- **Combinaisons d'images et compositions colorées**

Certains détails contenus dans l'image ont pu être observés grâce à l'application de la technique de combinaison d'image dont le principe est basé sur les opérations mathématiques qui permettent de générer des rapports de bande ($ETM+5 / ETM+4$), des indices normalisés ($(ETM+6 - ETM+4) / (ETM+6 + ETM+4)$) et des additions de bandes ($PC1+ETM7+ETM4$). Plusieurs compositions colorées ont été réalisées avec les bandes ETM+ brutes, mais aussi en utilisant leurs associations avec les bandes issues des différentes techniques d'analyses en composantes principales et des rapports de bandes ($ETM+7, 4, 5$; $ACP1, ETM+7,5$ et $ACP1, ACP2, ACP3$). Les informations obtenues à partir de toutes ces techniques sont complémentaires, ce qui facilite la mise en évidence de certains ensembles lithologiques diffus.

- **Les techniques de filtrage spatial**

Dans la présente étude, les filtres directionnels de Sobel (de types 7×7) ont été utilisés pour identifier les linéaments, parce qu'ils nous ont permis de mieux les discriminer, afin de cartographier l'essentiel des linéaments de la région de Daoukro. Les filtres directionnels de Sobel sont conçus de façon à faire ressortir ou masquer des caractéristiques spécifiques d'une image en se basant sur leur fréquence liée à la texture [6]. Les filtres directionnels de Sobel accentuent les discontinuités lithologiques et structurales dans les quatre directions N-S ; NE-SO ; NO-SE ; E-O (Tableau II) [7], [8]. Les discontinuités lithologiques et structurales correspondantes à des linéaments structuraux ont été relevées manuellement suivant une analyse visuelle à l'écran. Cette méthodologie nous a donc permis d'extraire les linéaments de la zone d'étude.

- **Contrôle et validation des linéaments structuraux**

Diverses cartes géologiques et photo-géologiques ont été exploitées pour la validation des résultats obtenus à partir du traitement des images satellitaires. Il s'agit des cartes Géomines [9] au 1/200 000, des cartes photo-géologiques [10] établies au 1/200 000 pour les localités d'Agnibilékrou et de M'Bahiakro. La carte des directions productives (obtenue à partir des forages à débits élevés) et celle du réseau hydrographique ont également servi de support à la validation de la carte de fracturation de Daoukro. La démarche a consisté à identifier et à répertorier toutes les failles parallèles aux segments de cours d'eau rectilignes, à prendre en compte les linéaments identiques sur les différentes cartes et ceux proches des forages à haut débits. En effet, les travaux de [7], [11], [12] ont révélé que les forages les plus productifs sont situés sur les accidents majeurs et peuvent donc être un outil essentiel à la validation des linéaments.

2.2 CARTOGRAPHIE THEMATIQUE DES RESSOURCES ET BESOINS EN EAU

La démarche méthodologique adoptée pour la cartographie des ressources en eau dans le cadre de ce travail a suivi les étapes suivantes : l'identification des critères de décisions, la classification et la standardisation de ces critères en vue de l'élaboration des indicateurs conformément aux objectifs à atteindre et enfin la pondération des critères et leur agrégation suivant la démarche multicritère.

- **Identification des critères de décision**

En référence aux travaux de [12], [13], [14], un certain nombre de critères a été identifié, pour l'établissement des différentes cartes thématiques des ressources en eau. Ces critères sont la pente (%), la densité du réseau hydrographique (km/maille), l'épaisseur d'altération (m), la densité de fracturation (km/maille), la recharge efficace (mm), la probabilité de réussite (%), la profondeur totale (m), le débit d'exploitation (m^3/h) et le niveau statique (m).

- **Classification et standardisation des critères**

La classification des différents critères s'est faite en tenant compte des études antérieures réalisées par les références [15], [16]. Trois types de techniques ont été utilisés pour la spatialisation selon que le critère est représenté par des points, des polygones ou des polygones. Ainsi les points tels que la profondeur des ouvrages, et l'indice de succès ont été interpolés grâce à la commande « interpolate grid » du logiciel ArcView 3.3 ; les polygones tels que la pente a été exporté sous format raster à partir du logiciel Envi 4.2 et convertis en « grid » sur ArcView 3.3 pour faciliter la combinaison ; les polygones telles que la densité de drainage ont été converties en points sur le logiciel LinWin et exportées sur ArcView 3.3 pour leur

interpolation. Les différentes surfaces obtenues à la suite de ces opérations ont été réparties en cinq classes comme l'indique le Tableau III.

Lors de la standardisation, la classe très défavorable a toujours la note la plus faible et la classe très favorable, la note la plus élevée. Toutefois, ces notes dépendent aussi de la qualité du facteur. A titre d'exemple, si le facteur remplit les conditions les plus intéressantes comme c'est le cas de l'indice de succès, où nous avons une bonne partie des valeurs qui sont maximales (100 %), la classe très favorable prend la note 10. Dans le cas contraire (la classe très défavorable) prend la valeur 1 (tableau IV).

• Pondération des facteurs d'appréciation

Elle s'est faite à partir de la méthode des comparaisons par paire développée par les références [13], [17], dans le cadre du processus d'analyse hiérarchique (Analytical Hierarchy Process). Elle permet de produire des coefficients de pondération standardisés dont la somme est égale à 1 (tableau V). Ainsi la combinaison obtenue avec cette méthode est estimée de la façon suivante :

$S = \sum W_i X_i$ avec S le résultat de la combinaison, W_i le poids du facteur i et X_i la valeur du critère de facteur i.

Une fois que les couches des facteurs d'appréciation ont été établis, et leur coefficient de pondération déterminé, il est aisé de les combiner. Ainsi, la pente, la densité de drainage, la densité de fracturation, l'épaisseur d'altérite et la recharge ont été combinées pour obtenir la carte de disponibilité. La profondeur totale et l'indice de succès ont permis d'obtenir l'accessibilité. Le débit d'exploitation et le niveau statique ont permis d'obtenir l'exploitabilité. Ces trois indicateurs combinés ont abouti à la carte des zones potentielles d'implantations des points d'eau.

• Conception de la carte de la couverture des besoins en eau potable de Daoukro

La couverture des besoins en eau représente le taux de desserte, l'approvisionnement en eau potable des populations rurales et semi-rurales. La norme utilisée par l'administration de l'hydraulique (DHH) pour aboutir à un bon taux de desserte est d'offrir un point d'eau à une population de 400 habitants. Pour réaliser cet objectif, nous avons recensé le nombre de point d'eau existant et fonctionnel dans chaque localité. A ces données, nous avons ajouté celle de la population par localité. Les cartes résultantes de ces données ont été combinées pour obtenir la carte de couverture des besoins en eau potable et mettre ainsi en évidence les zones de déficits.

3 RÉSULTATS ET INTERPRÉTATIONS

3.1 CARTOGRAPHIE DES LINEAMENTS STRUCTURAUX DE DAOUKRO

L'analyse de certaines images traitées (ACP1 ; ACP1_ETM+7_ETM+4 ; ETM+4_ETM+5_ETM+7) a permis de mettre en évidence de nombreux accidents géologiques régionaux dont les principaux sont :

- l'accident de Dimbokro (DIM) de direction N20° ;
- le couloir allant de N'da kpanikro à Amorikro (NA) de direction N40° ;
- l'accident allant de Kpobikro à Daoukro (KD) de direction N130° ;
- l'accident allant de Gbékékro à Katimansou (GK) de direction N80° ;
- un réseau d'accidents de directions N110° et N120°.

La fig. 4 présente les résultats du filtre de direction E-W rehaussant quelques accidents N-S. Ces filtres directionnels rehaussent les linéaments ou les contours perpendiculaires à leur direction de convolution. L'addition des bandes ACP1, ETM+7 et ETM+4 ainsi que les compositions colorées ETM+4_ETM+5_ETM+7 et ETM+7_ETM+3_ETM+1 ont permis la cartographie du réseau hydrographique et notamment la mise en évidence des fractures gouvernant certains bras de cours d'eau (fig. 5). Le relevé de toutes les discontinuités images sur l'ensemble des images traitées (à l'exception des routes, des lignes de haute tension etc.) a permis de dresser la carte des linéaments détaillés de la zone d'étude (fig. 6). L'exploitation de la carte du relevé détaillé des linéaments permet d'élaborer de nombreux fichiers thématiques tels que la densité de fracturation et l'orientation des linéaments, etc... Au sein d'un système d'Information Géographique (SIG), ces couches thématiques sont intégrées et associées à d'autres informations de nature diverse dans la perspective d'une modélisation hydrogéologique. La fig. 7 présente la carte de synthèse des accidents majeurs de Daoukro, établie à partir des images ETM+ traitées de Landsat 7. Ces accidents appartiennent pour la plupart aux grandes directions suivantes : N-S, NE-SO, E-O et NO-SE.

- **Validation de la carte de fracturation**

La validation de la carte détaillée des linéaments est une étape très importante qui conditionne l'utilisation de la carte pour les prospections hydrogéologiques futures. Elle permet d'attribuer à l'ensemble des linéaments retenus, la valeur de fracture. Cette importante phase a été effectuée à partir des données de fractures obtenues après l'exploitation de la carte photo-géologique de la région d'étude, établie par la direction de la géologie [4]. Sur la même portion de la zone d'étude, une comparaison a été faite entre la carte de fractures issue de la carte photo-géologique (Fig. 8 a) et celle issue des images Landsat 7 d'ETM+ (Fig. 8b). En procédant ainsi, on a la facilité de reconnaître les linéaments identifiés et vectorisés à la fois sur les deux supports. Ils sont représentés en rouge sur la fig. 8. Ainsi sur l'ensemble de la zone d'étude, un grand nombre de linéaments (environ 30%) issus des photo-aériennes ont été reconnus sur les images dérivées. Cependant, cette carte photo-géologique est celle du degré carré de M'bahiakro qui comprend seulement la moitié du département de Daoukro. On a également comparé les fractures détectées par les études de géophysique réalisées dans la région par le projet "Don japonais" à celles issues des images Landsat 7 d'ETM+. La fig. 8 présente ces résultats. La superposition des forages à gros débit sur la carte des accidents majeurs révèle que les forages les plus productifs sont situés sur les accidents majeurs et s'alignent suivant trois directions principales: la direction N-S avec des débits allant de 9 à 25 m³/h, la direction NE-SO avec des débits importants pouvant atteindre 43 m³/h, et la direction NO-SE avec des débits pouvant atteindre 10 m³/h. Ces directions sont interconnectées avec d'autres fractures, formant ainsi des nœuds (fig. 9).

- **Analyse statistique des linéaments**

L'analyse des rosaces directionnelles (fig. 10) présente une répartition hétérogène des linéaments. A part la direction majeure NO-10 (16%), l'évolution des fréquences en nombre des familles de fractures est similaire à celle des fréquences en longueur cumulée. Les familles directionnelles N-S (16%), NO-SE (7%) et NE-SO (7%) sont majoritaires. La direction N-S est celle des plans de schistosité dans les formations volcano-sédimentaires du Nord et Nord-Est de la région. Dans la région, on note également la présence des linéaments de direction N 20-30, N 30-40 et N 70-80. Ils présentent des fréquences en nombre et en longueur cumulée de 6%, ils sont minoritaires.

3.2 CARTOGRAPHIE DES BESOINS EN EAU

La connaissance de la répartition spatiale de la population et du nombre de point d'eau par localité a permis de calculer l'accès à l'eau potable des populations. La carte de la couverture des besoins en eau potable des populations (Fig. 11) présente les zones globalement déficitaires sur le département. La carte de la couverture des besoins en eau a été répartie en quatre classes : mauvaise, moyenne, bonne et excellente. La classe des mauvaises couvertures occupe une proportion de 16 %. Il s'agit des zones de plus de 1000 habitants qui bénéficient d'un seul point d'eau. C'est le cas de Ananda kouadiokro à l'ouest de la région (1481 habitants pour un point d'eau de 2m³/h), alors qu'un point d'eau est attribué à une population de 400 habitants. Ces localités sont pour la plupart loin des sous-préfectures. Ces villages sont confrontés à des pannes fréquentes de pompes et se retrouvent sans point d'eau fonctionnel. Ainsi, les habitants se dirigent vers les villages voisins parfois distants d'un à deux kilomètres pour s'approvisionner en eau potable. On retrouve les plus grandes plages de cette classe dans la sous-préfecture d'Ettrokro et d'Ouéllé. La classe de couverture moyenne est la plus fortement représentée dans le département. Elle couvre 47 % de la zone d'étude et occupe les zones de plus de 1000 habitants bénéficiant de 2 points d'eau. Elle est plus présente dans la partie Ouest de la zone d'étude. Nous distinguons aussi une plage assez importante au Nord d'Ettrokro et à l'Ouest de Daoukro. De nombreuses localités de la région de Daoukro devraient bénéficier d'une hydraulique villageoise améliorée (HVA), mais malheureusement ces villages ne sont pas électrifiés. L'hydraulique villageoise améliorée (HVA) est un système d'adduction d'eau potable qui nécessite que la localité soit lotie, électrifiée et ait un ouvrage d'un débit supérieur à 3 m³/h. Les classes de couverture bonne occupent 35 % de la zone d'étude. Ce sont des zones qui bénéficient d'un système d'hydraulique villageoise améliorée et qui ont plus de 4 pompes villageoises fonctionnelles. Ce sont les localités d'Ettrokro, Ananda, Ouéllé, Kongoti et kouakoussekro. Ces localités sont proches des différentes sous préfectures. Cependant, les châteaux d'eau de Kongoti et d'Ettrokro sont confrontés à des pannes intempestives. Les classes d'excellente couverture (2%) sont alimentées par le système d'hydraulique urbaine. Ce sont les localités de Daoukro, Agniassikassou, Anoumabo, Dengbé et Dengbé Pépressou. Ce sont de gros villages très proches de la sous-préfecture de Daoukro qui sont alimentés par la Société de Distribution d'Eau de Côte d'Ivoire (SODECI).

3.3 CARTOGRAPHIE THEMATIQUE DES RESSOURCES EN EAU

- **Disponibilité des ressources en eaux souterraines**

La carte de disponibilité (fig. 12) a été réalisée à partir de la combinaison des paramètres suivants : la densité de drainage, la densité de fracturation, l'épaisseur d'altération, l'infiltration efficace. Elle se caractérise par quatre classes. Les disponibilités mauvaise et médiocre occupent 17% du domaine et caractérisent les zones à faible densité de fracturation et à densité de drainage élevée. Ces zones sont à déconseiller pour l'implantation de forages car un réseau dense est défavorable à l'alimentation de la nappe. Les classes de disponibilité bonne (3%) et excellente (80%) caractérisent les zones favorables à l'implantation des forages. Elles traduisent une bonne alimentation des nappes; la fracturation y est intense et participe à la recharge de la nappe souterraine.

- **Accessibilité aux ressources en eaux souterraines**

Les réserves d'eau souterraine ne sont véritablement utilisables que lorsque certains facteurs réunis rendent possible leur accès. Les plus importants restent la profondeur des ouvrages et la probabilité de succès. L'étude de ces paramètres a permis de générer la carte d'accessibilité des ressources en eau souterraine dans la région de Daoukro (Fig. 13). Celle-ci est caractérisée par quatre classes d'inégale répartition. Les zones d'accessibilité mauvaise et médiocre représentent 21% du domaine d'étude et sont caractérisées par de faibles probabilités de succès (débits très faibles) et des profondeurs comprises entre 90 m et 98 m. La densité de fracturation dans ces zones est faible. Les classes de bonne et excellente accessibilité occupent 80% de la superficie de Daoukro. Cela traduit les bonnes conditions d'accessibilité aux ressources en eau souterraine sur toute la zone d'étude. Les ouvrages ont des profondeurs généralement faibles et à fortes probabilités de succès. Toutes les localités proches des cours sont caractérisées par des profondeurs relativement faibles et des probabilités de succès supérieures à 80 %. Dans ces zones la nappe est alimentée par le cours d'eau.

- **Exploitableté des ressources en eau**

Pour réaliser la carte d'exploitableté (fig. 14), nous avons utilisé les facteurs que sont : les débits d'exploitation et le niveau statique avec une très grande importance accordée aux débits d'exploitation. Les zones d'exploitableté mauvaise (24 % du territoire) regroupent les secteurs où les ressources ne sont généralement pas exploitables bien qu'elles soient probablement disponibles. En effet, elles sont caractérisées par des débits d'exploitation très faibles ($< 1 \text{ m}^3/\text{h}$) et un niveau statique très profond ($> 25 \text{ m}$). Ces zones constituent le seuil de survie des ouvrages de captage. La poche la plus importante se localise dans la partie Nord de Ouélé (Tiokonou) et à l'Est de la ville de Daoukro avec des niveaux statiques très profonds. La classe à exploitableté médiocre est la plus représentative du secteur d'étude avec une proportion d'occupation estimée à 56 %. Elle exprime une relative difficulté dans l'exploitation des ressources souterraines et se retrouve dans tous les secteurs de la zone d'étude. Cette classe regroupe les zones qui constituent le domaine favorable à l'hydraulique villageoise. Les classes à bonne et excellente exploitableté sont caractérisées par des débits moyens et forts accompagnés de niveaux piézométriques moins profonds (7-15 m). Elles occupent 20 % de la zone d'étude et sont localisées à Ananda et à Daoukro. Ces zones constituent les domaines favorables à l'approvisionnement en eau potable de centres secondaires et aussi pour l'hydraulique urbaine.

- **Zones potentielles d'implantation des points d'eau**

La combinaison des trois indicateurs que sont la disponibilité, l'exploitableté et l'accessibilité a permis de produire la carte thématique des zones d'implantation (fig. 15). Les zones d'implantations mauvaise (1% du domaine d'étude) et médiocre (24% du domaine d'étude) sont présentes dans la partie sud de la zone d'étude. Nous distinguons également une plage au nord du côté d'Ouéllé dans les localités de Tiokonou et Zanzansou. Ce sont des zones à densité de fracturation faible, caractérisées par une recharge médiocre de la nappe. Dans ces zones, la nappe est en profondeur. Ces zones sont cependant appropriées pour l'implantation des forages dont les débits sont acceptables dans le cadre de l'hydraulique villageoise. Les zones d'implantations bonne (57% du domaine d'étude) et excellente (18% du domaine d'étude) sont présentes sur la quasi-totalité de la région. Dans ces zones, les ouvrages sont moins profonds et à succès probable. Ces zones sont caractérisées par une densité de fracturation élevée. La ressource en eau est disponible avec une pente relativement faible qui permet une bonne recharge de la nappe. Ces zones sont favorables à l'implantation de forage dans le cadre de l'hydraulique villageoise améliorée (HVA) ainsi que des forages à gros débits (hydraulique urbaine).

- **La carte des futurs points d'eau**

La carte des futurs points d'eau est obtenue après superposition de la couche des mégas fracture sur celle des zones potentielles d'implantation. La carte des futurs points d'eau réalisée (fig. 16) présente les intersections des méga fractures à proximité des localités en tenant compte des directions productives. Ce sont des éléments qui devraient aider à l'identification des sites favorables pour implanter des forages à gros débits. Ainsi, une centaine de sites favorables ont été cartographiés et seraient susceptibles de fournir de gros débits. Ces sites seront les plus visés lorsque d'autres campagnes d'hydraulique seront lancées. Ainsi, ces cartes permettront aux opérateurs d'optimiser le temps et les ressources financières pour réaliser des ouvrages qui ont beaucoup de chance d'être productifs.

4 DISCUSSION

Cette étude a permis de montrer la bonne concordance entre les différents forages productifs et les linéaments cartographiés par les images satellitaires. Les traits structuraux majeurs et les morpho-structures détectées sur les images correspondent à des accidents véritables qui affectent le socle de Daoukro. La distribution des orientations et les cartes de densité de fracturation ont permis de définir des "domaines structuraux", dont l'intérêt est primordial dans la cartographie des zones à forte probabilité de circulation des eaux. L'utilisation de la télédétection, du SIG et de l'analyse multicritère dans la région de Daoukro a abouti à la production des cartes de disponibilité, d'accessibilité et d'exploitabilité des ressources d'eau souterraine. Les méthodes d'analyse multicritère ou plus exactement les méthodes d'aide multicritères à la décision ont été utilisées par de nombreux auteurs. Elles ont permis la cartographie des zones favorables à l'implantation des forages à gros débits [8], [12], [15], [16] et la sélection de meilleurs sites de stockages de déchets [13], [18], [19]). La région de Daoukro possède une bonne disponibilité en eau souterraine (80 % de la superficie totale). La carte des futurs points d'eau obtenue après superposition de la couche des mégas fracture sur celle des zones potentielles d'implantation, se présente comme une base de données très importante pour l'aide à la décision. Elle constitue une pré-prospection qui évite les phases de recherches lourdes, lentes et coûteuses comme l'ont indiqué les travaux de la référence [20]. Ainsi, la carte hydrogéologique obtenue à Daoukro permet de remarquer que les débits importants sont issus des forages situés ou réalisés au niveau des nœuds des méga-fractures. Cette carte présente l'avantage de présenter ainsi sur un seul support cartographique, plusieurs éléments hydrogéologiques (épaisseur d'alterite, débits, fracturations, densité de drainage, etc).

L'étude des rapports entre population et eau (la couverture des besoins en eau potable) met en relief les problèmes relatifs à la pénurie d'eau et à l'inégalité de sa répartition. On constate qu'en général, on accorde rarement toute l'attention nécessaire aux processus démographiques, alors que les conséquences de la dynamique spatiale de la population dictent, entre autres, l'organisation des stratégies de gestion de cette importante ressource [21]. A cela nous ajoutons le taux de desserte qui baisse à cause des nombreuses pannes affectant les points d'eau (points d'eau non fonctionnels). Au niveau de Daoukro, sur trois pompes villageoises réalisées, une à deux pompes sont en panne. A cela s'ajoute le vieillissement des ouvrages et la baisse du débit des forages dans les villages.

Les SIG et l'analyse multicritère présentent de nombreux atouts, car ils apportent une contribution incontestable à la gestion des ressources en eau et les prises de décisions rationnelles. Cependant, ils présentent des limites. L'estimation des paramètres manque souvent de précision du fait de l'insuffisance ou de l'absence totale de données en certains endroits de la zone d'étude.

5 TABLEAUX ET FIGURES

5.1 TABLEAUX

Tableau I : Corrélation entre différents canaux de l'image multispectrale ETM+

Bandes	ETM+1	ETM+2	ETM+3	ETM+4	ETM+5	ETM+7
ETM+1	1					
ETM+2	0,959388	1				
ETM+3	0,864901	0,923554	1			
ETM+4	0,716842	0,690287	0,494016	1		
ETM+5	0,7936	0,857582	0,91163	0,540385	1	
ETM+7	0,650575	0,739985	0,879895	0,266946	0,910055	1

Tableau II : Filtres directionnels de Sobel (matrice 7x7)

N-S							E-O						
1	1	1	2	1	1	1	-1	-1	-1	0	1	1	1
1	1	2	3	2	1	1	-1	-1	-2	0	2	1	1
1	2	3	4	3	2	1	-1	-2	-3	0	3	2	1
0	0	0	0	0	0	0	-2	-3	-4	0	4	3	2
-1	-2	-3	-4	-3	-2	-1	-1	-2	-3	0	3	2	1
-1	-1	-2	-3	-2	-1	-1	-1	-1	-2	0	2	1	1
-1	-1	-1	-2	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0	1	1	1
NE - SO							NO - SE						
0	1	1	1	1	1	2	-2	-1	-1	-1	-1	-1	0
-1	0	2	2	2	3	1	-1	-3	-2	-2	-2	0	1
-1	-2	0	3	4	2	1	-1	-2	-4	-3	0	2	1
-1	-2	-3	0	3	2	1	-1	-2	-3	0	3	2	1
-1	-2	-4	-3	0	2	1	-1	-2	0	3	4	2	1
-1	-3	-2	-2	-2	0	1	-1	0	2	2	2	3	1
-2	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	1	1	1	1	1	2

Tableau III : Appréciation des différentes classes selon le sens de variation de la fonction

Classe	Fonction croissante	Fonction décroissante
Classe très défavorable	Très faible	Très fort
Classe défavorable	faible	fort
Classe moyennement favorable	Moyen	Moyen
Classe favorable	fort	faible
Classe très favorable	Très fort	Très faible

Tableau IV : Classification et standardisation de la probabilité de succès

Probabilité de succès	Notes	Classes de succès
0-20 %	1	Très défavorable
20-40 %	3	Défavorable
40-60 %	5	Moyennement favorable
60-80 %	8	Favorable
80-100 %	10	Très favorable

Tableau V : Attribution de poids aux différents critères selon la nature de la carte.

Carte de	Critères	Poids	Total
Disponibilité	Pente	0,5	1
	Recharge	0,25	
	Drainage	0,13	
	Fracturation	0,08	
	Epaisseur d'altérite	0,04	
Accessibilité	Profondeur totale	0,25	1
	Indices de succès	0,75	
Exploitableté	Débits d'exploitation	0,25	1
	Niveau statique	0,75	

5.2 LES FIGURES

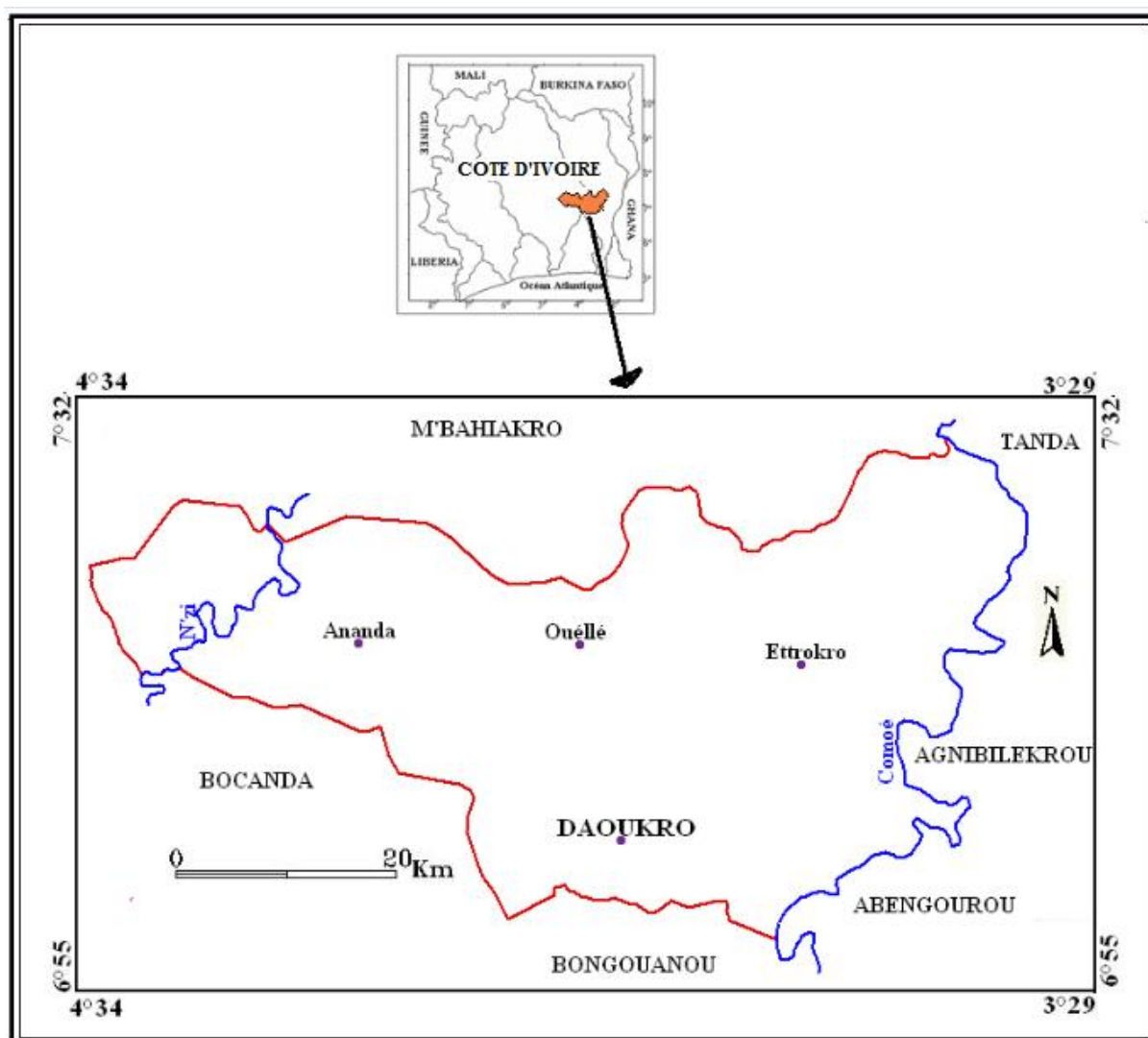


Fig. 1 : Carte de présentation du département de Daoukro

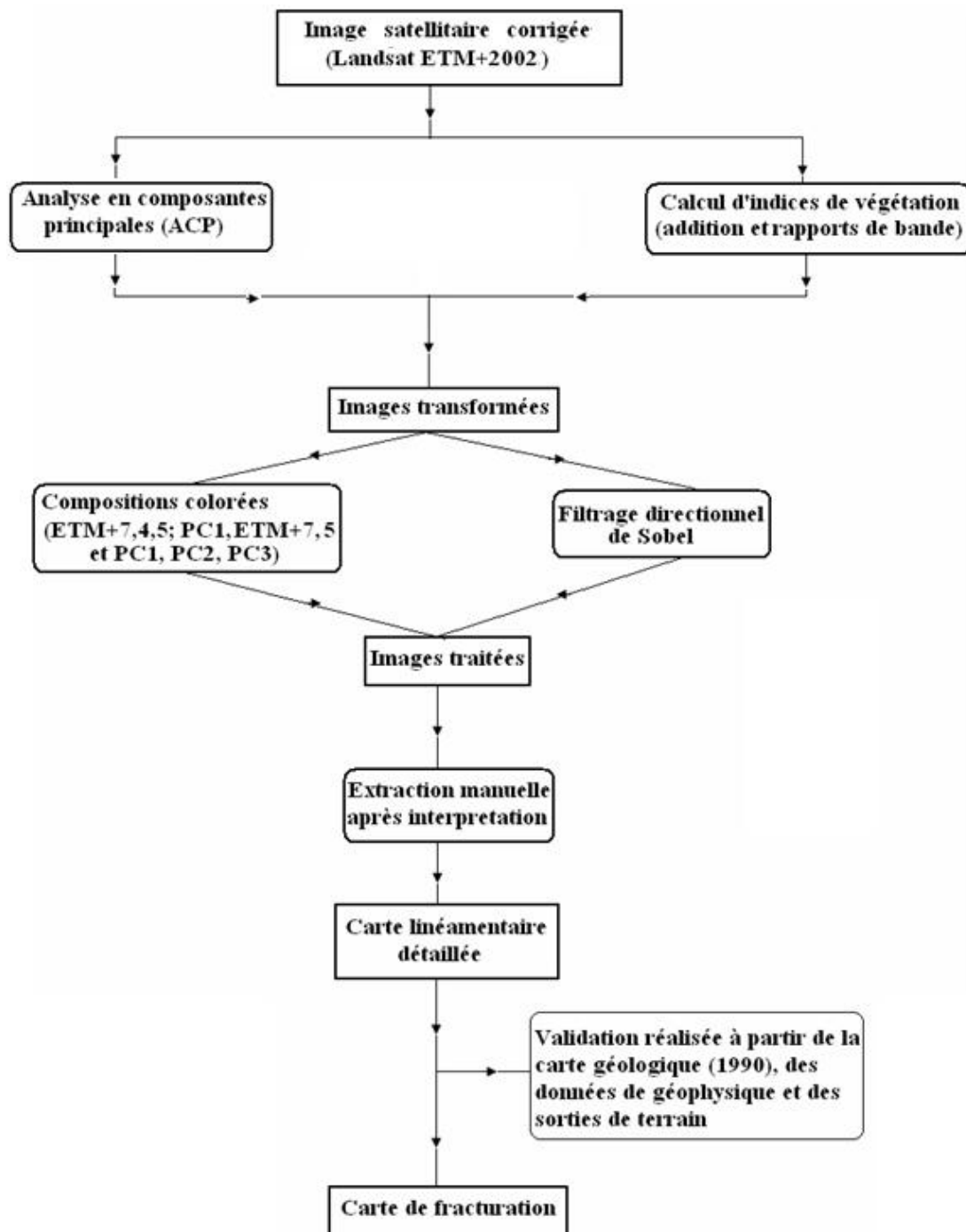


Fig. 2 : Organigramme descriptif des traitements de l'image satellitaire pour l'élaboration de la carte de fracturation

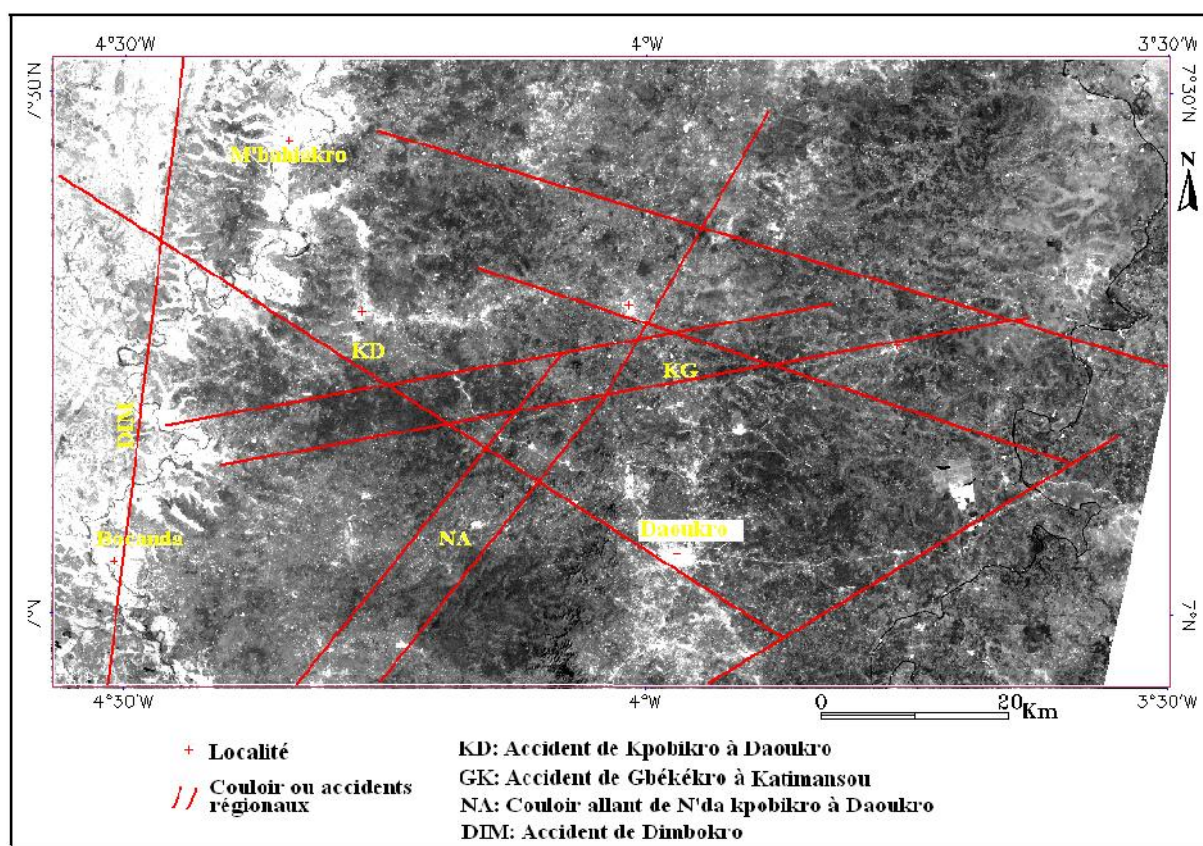


Fig. 3 : ACP1 rehaussant les principaux couloirs

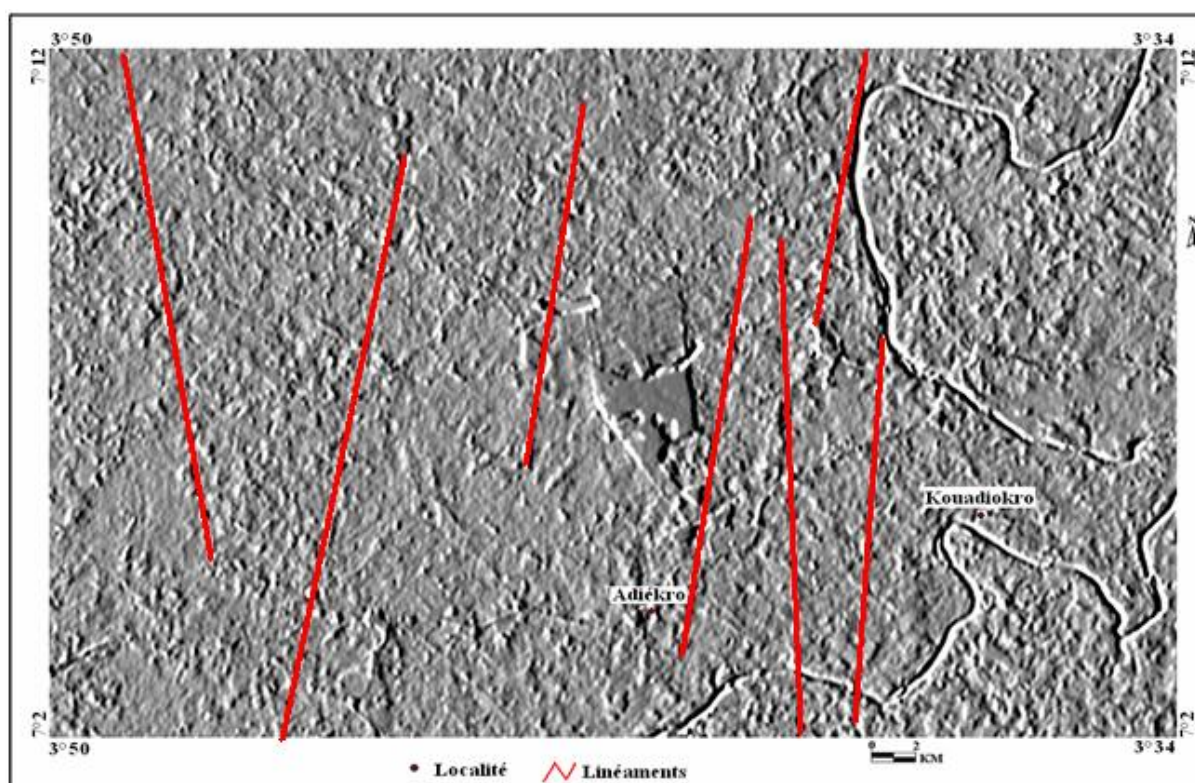


Fig. 4 : Filtre Sobel de direction E-W rehaussant les linéaments de direction N-S

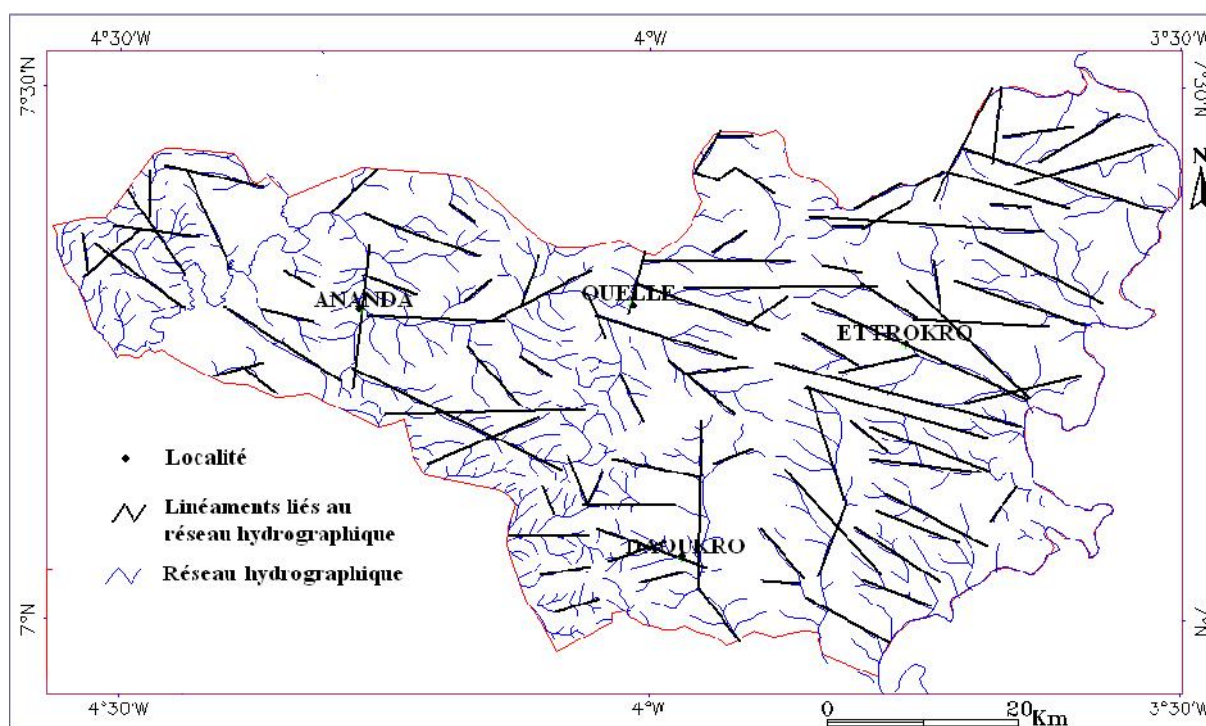


Fig. 5 : Carte des linéaments liés au réseau hydrographique de la région de Daoukro

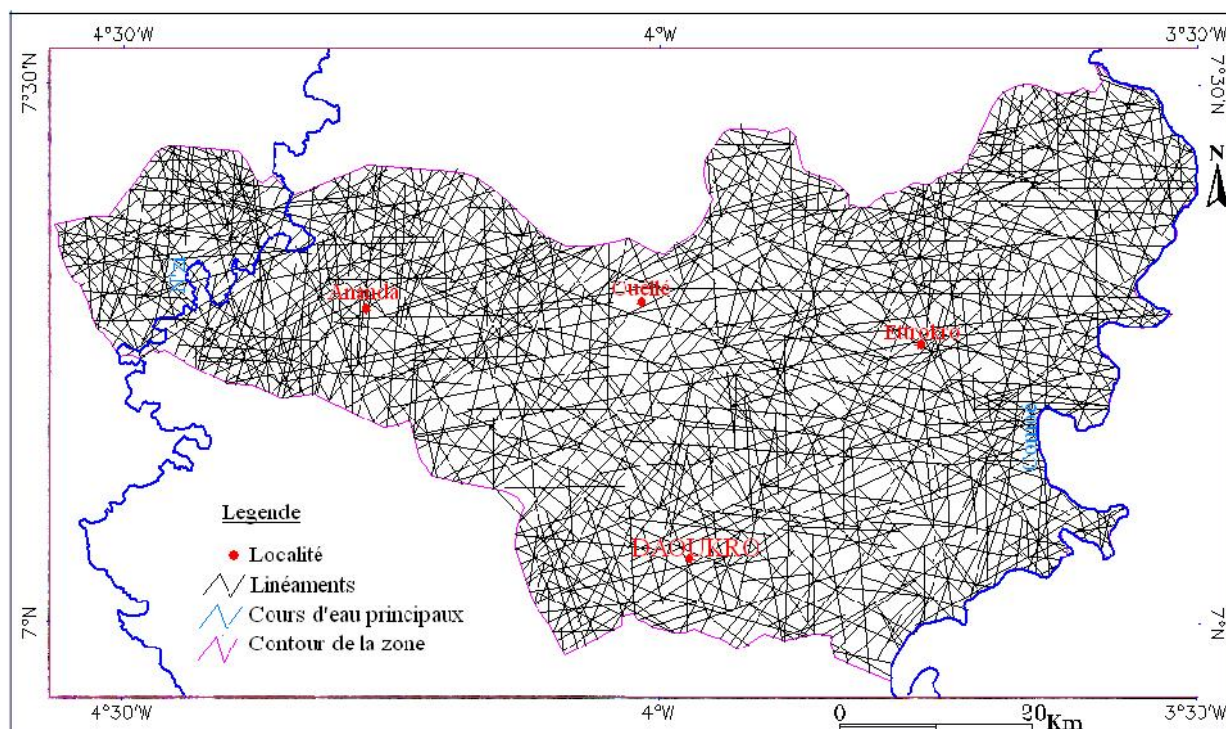


Fig. 6: Carte détaillée des linéaments de Daoukro

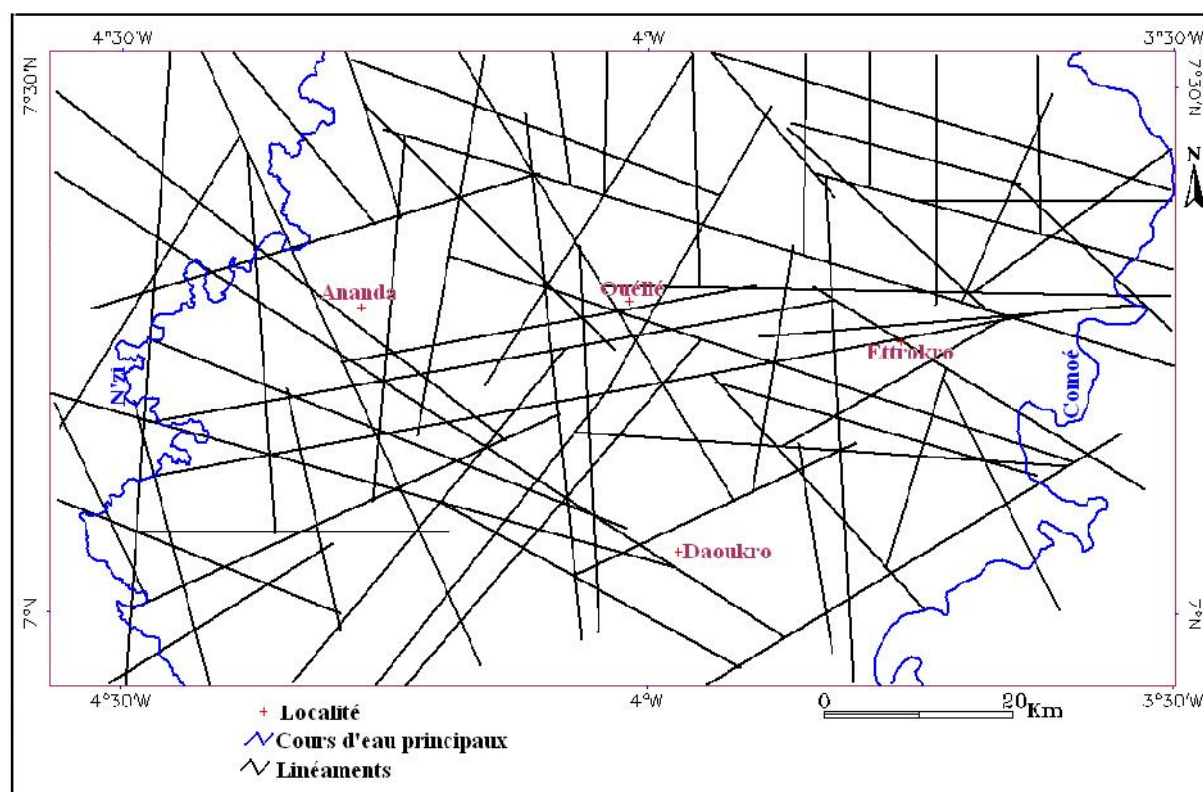


Fig. 7 : Carte des linéaments majeurs

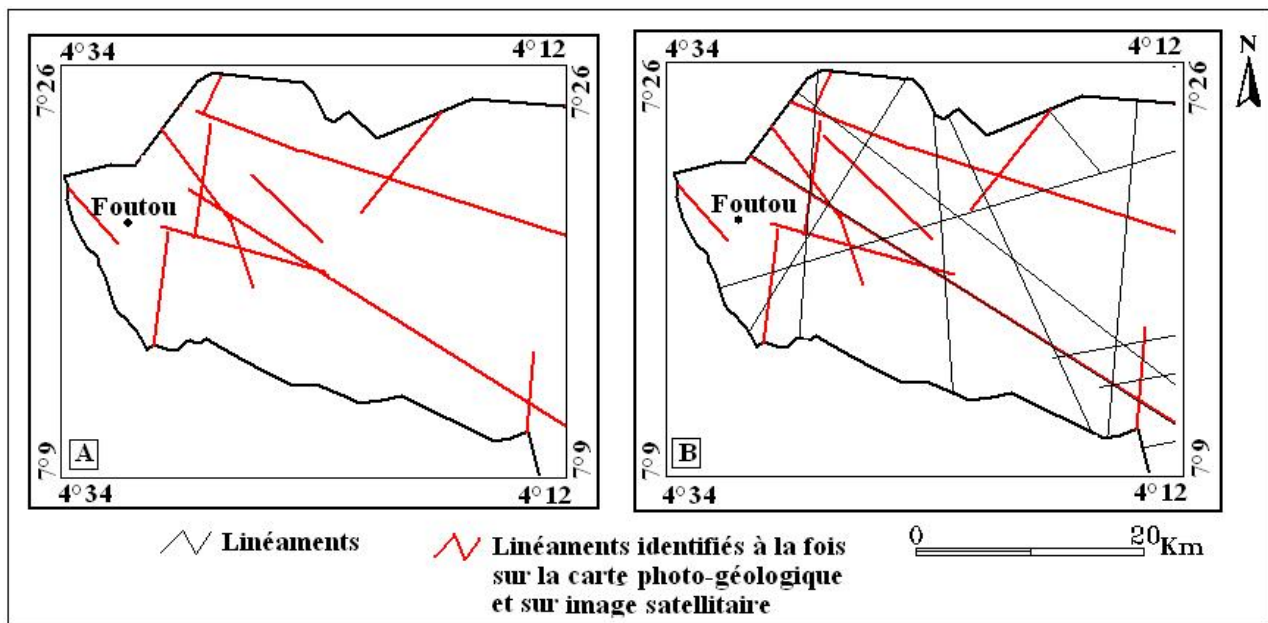


Fig. 8 : Exemple de comparaison entre la carte de fracturation issue de la carte photogéologique (a) et celle issue des images satellitaires (b)

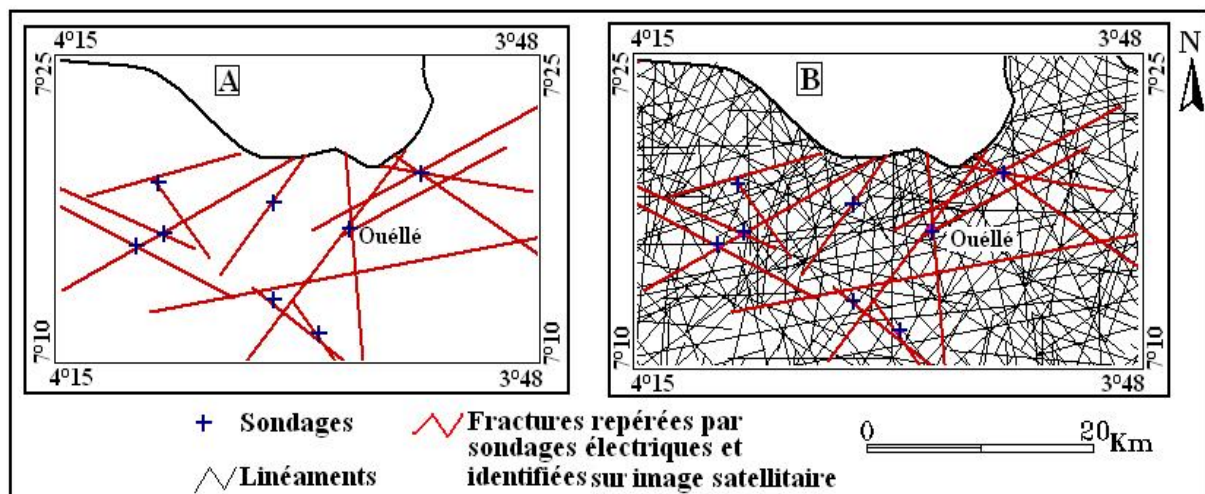


Fig. 9 : Exemple de comparaison entre la carte de fracturation issue du positionnement des sondages électriques (a) et celle issue des images satellitaires (b)

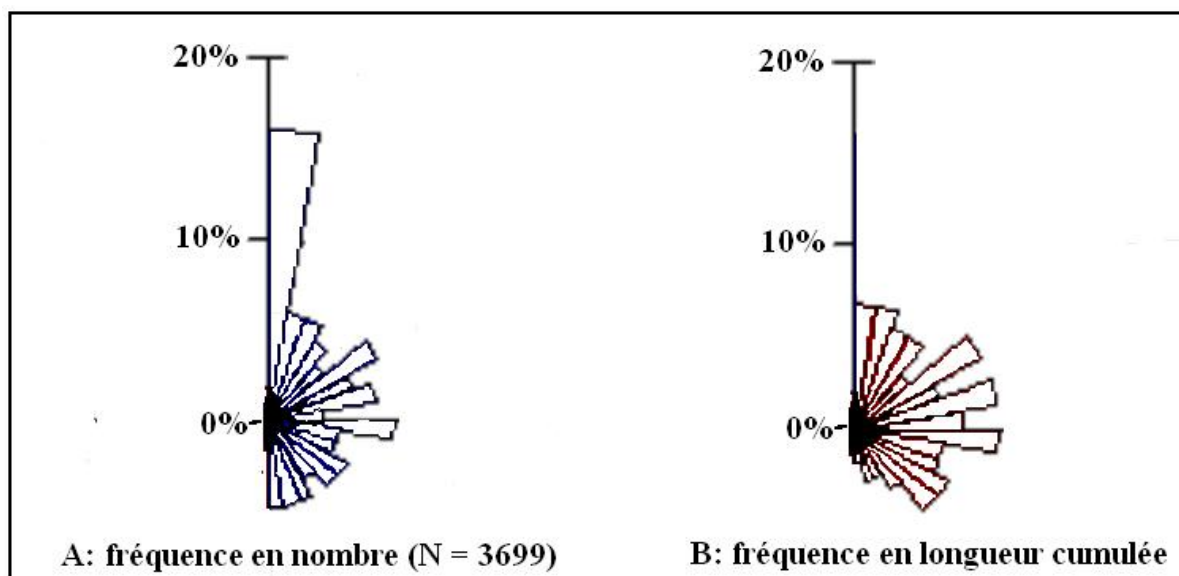


Fig. 10 : Rosaces directionnelles des fractures issues des images satellitaires

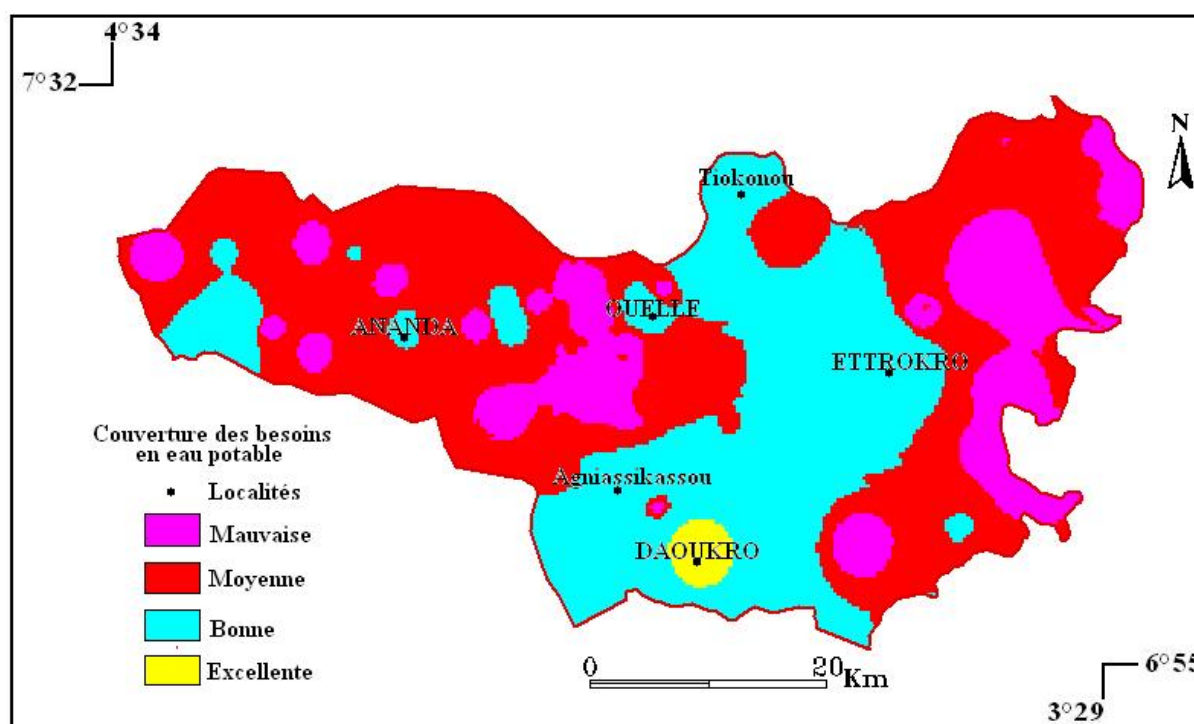


Fig. 11 : Carte de la couverture des besoins en eau potable

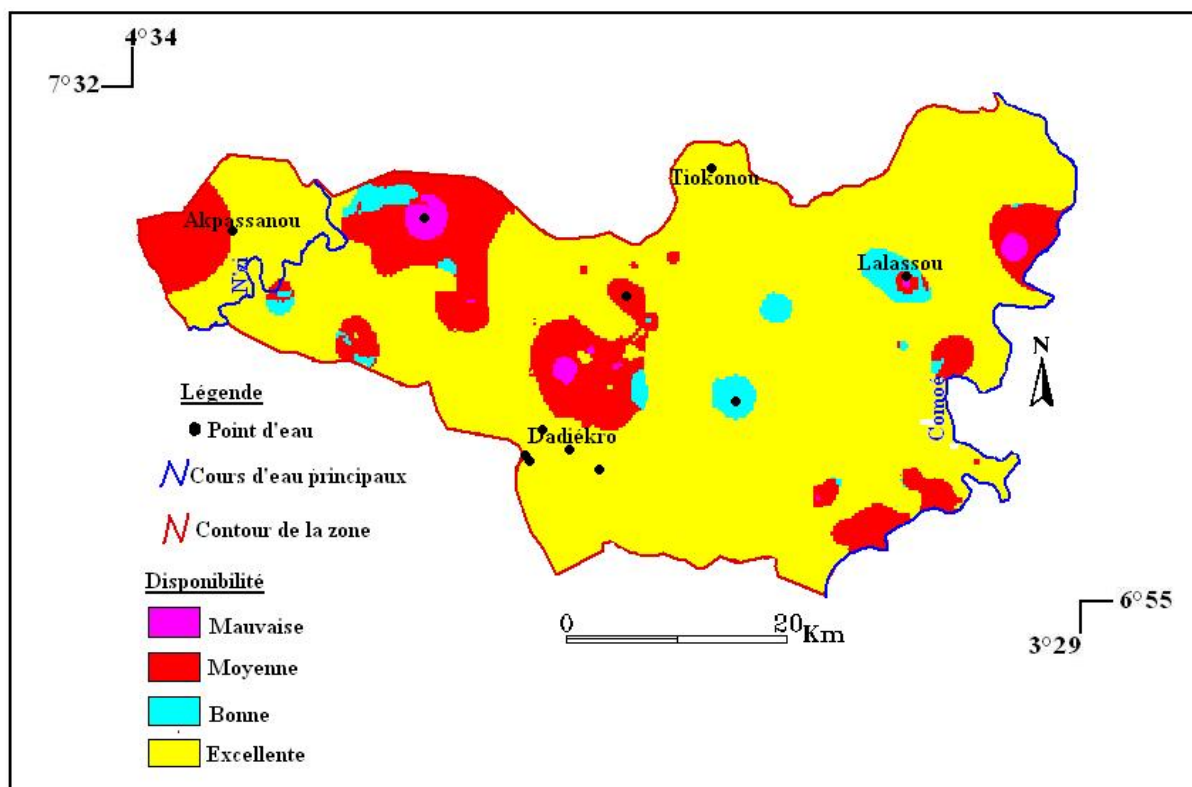


Fig. 12 : Carte de disponibilité des ressources en eau souterraine

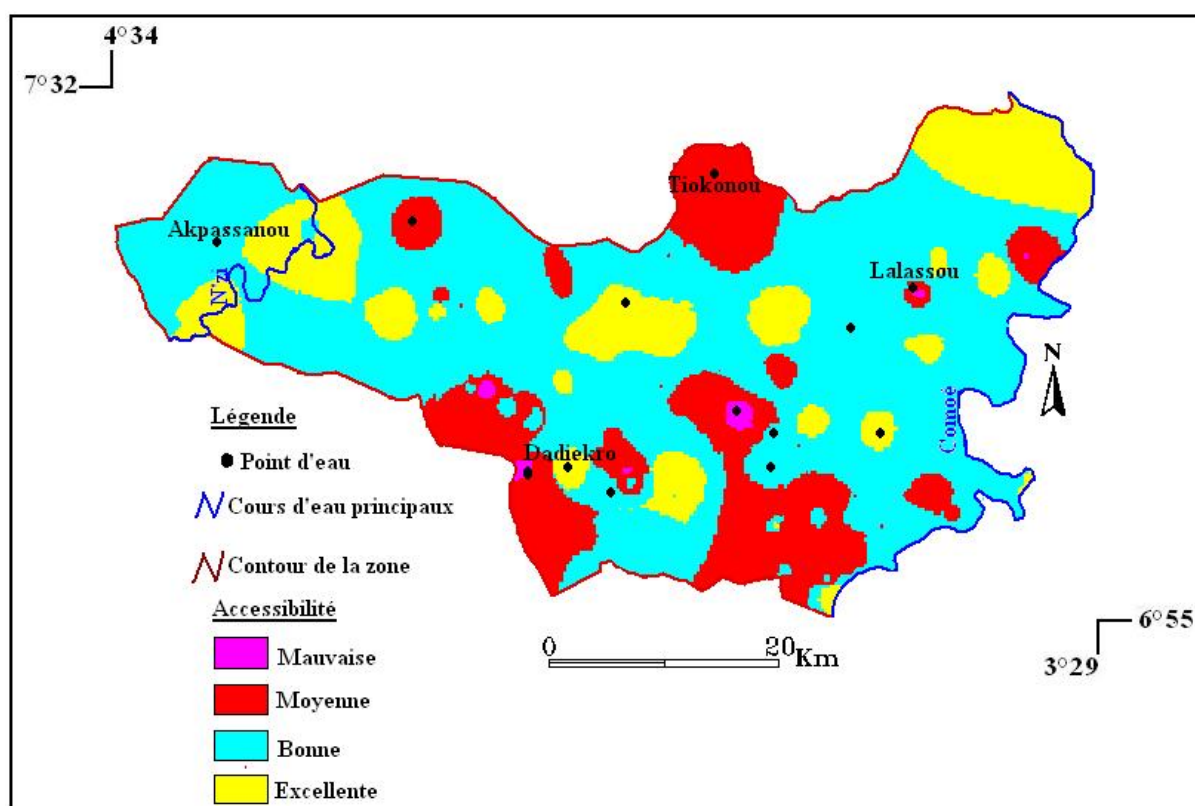


Fig. 13 : Carte d'accessibilité aux ressources en eau souterraine

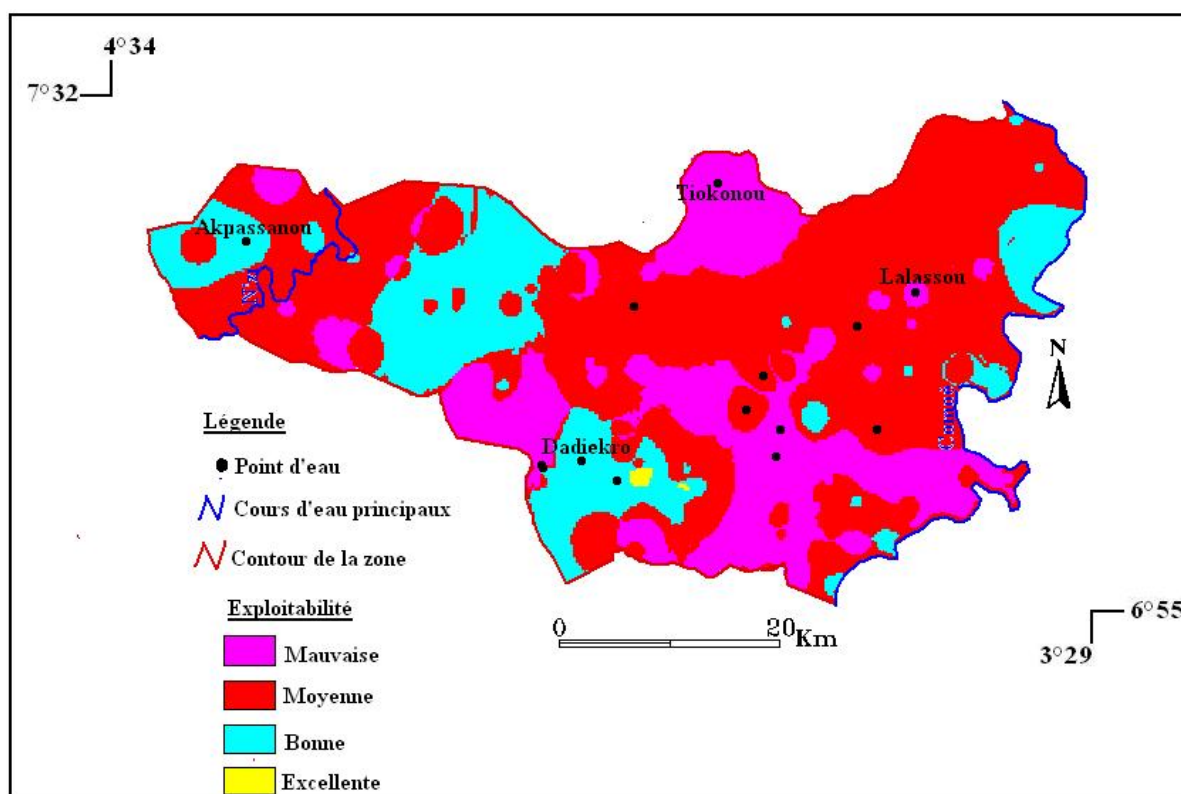


Fig. 14: Carte d'exploitabilité des ressources en eau souterraine

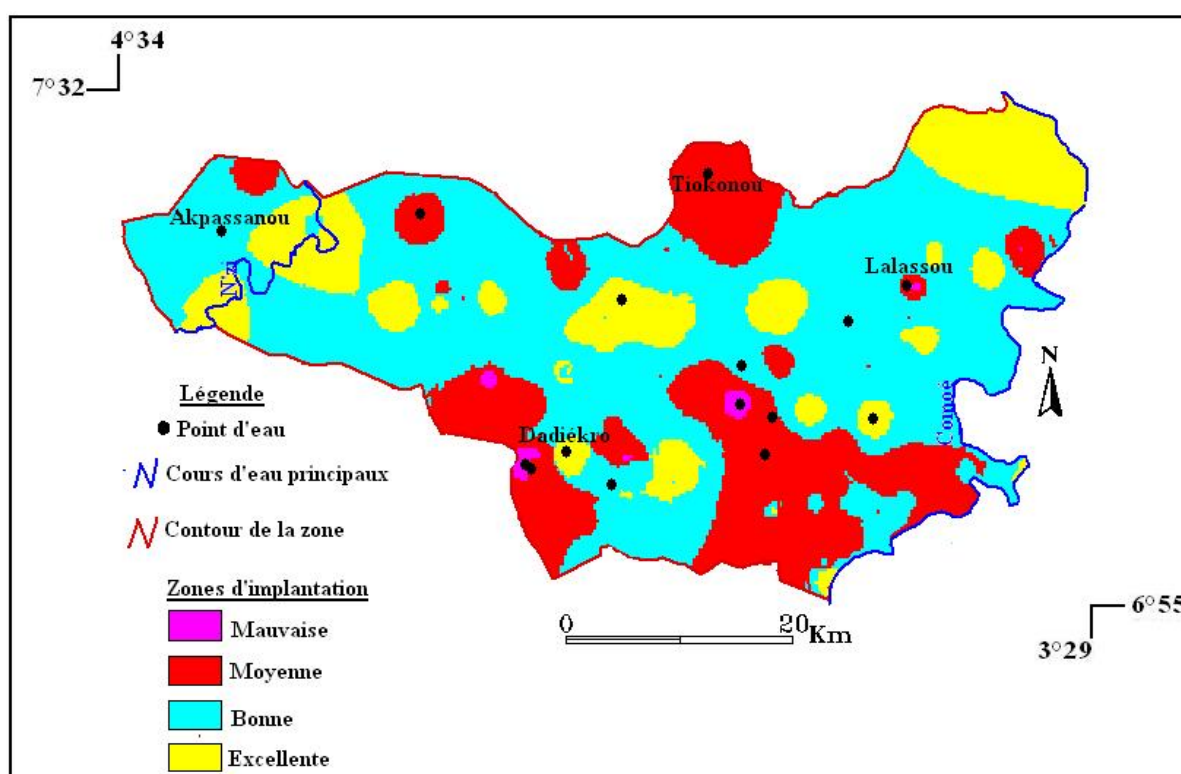


Fig. 15 : Carte des zones d'implantations potentielles des points d'eau

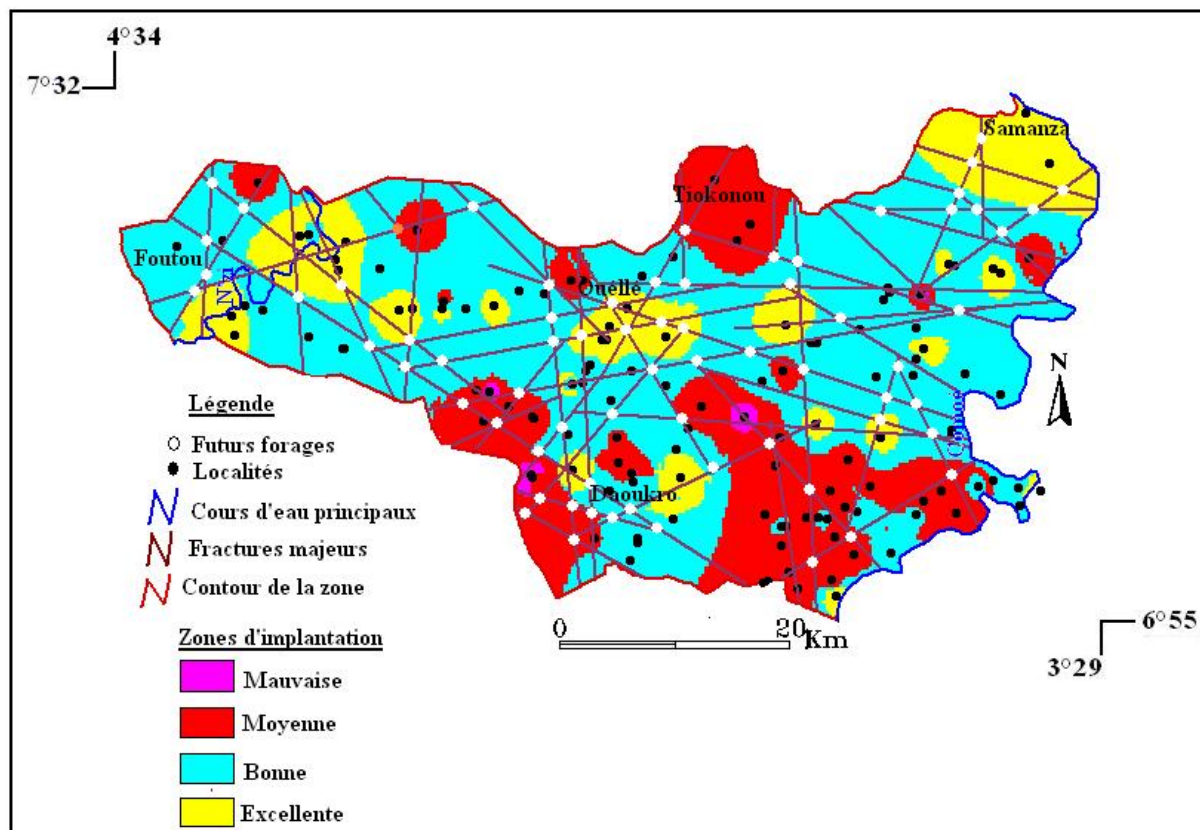


Fig. 16 : Carte des futurs points d'eau

6 CONCLUSION

Les images Landsat ETM+7 ont permis la cartographie des réservoirs d'eau de la région de Daoukro. Ainsi a été élaborée la carte de fracturation. Cette carte fait ressortir les principales directions de la zone d'étude qui sont les directions N 0-10 (16%), N50-60 (7%) et N90-100 (7%). On note également la présence des linéaments de direction N20-30 (6%), N30-40 (6%) et N70-80 (6%). La validation des linéaments structuraux est effectuée à l'aide des données auxiliaires disponibles (cartes géologique, photo-géologique, données de forages existants et données de campagne de géophysique). Les aquifères de la région de Daoukro regorgent d'importantes ressources d'eau souterraine. Plus de 80 % de la zone d'étude présente une excellente disponibilité en eau souterraine. Les différentes zones convenables à l'implantation d'ouvrage à gros débits ont été cartographiées et plus de 150 sites favorables aux futures implantations ont été sélectionnés. Différentes directions productrices ont été identifiées. Il s'agit des directions NE-SO, NO-SE et NS. L'utilisation de cet outil pourrait, en effet, limiter l'obtention des faibles débits et réduire fortement le taux d'échec.

RÉFÉRENCES

- [1] F. Kanohin, "Mobilisation des ressources en eau de surface et souterraine dans un contexte de changement climatique dans la région de Daoukro (Centre-Est de la Côte d'Ivoire)". *Thèse unique de Doctorat. Université d'Abobo-Adjamé*, 144 p, 2010.
- [2] INS (Institut national de la statistique) "Recensement général de la population et de l'habitat de Côte d'Ivoire. Rapport de synthèse, volume des fiches monographiques des localités : région du N'zi-Comoé". *INS Abidjan*, 50 p, 2001.
- [3] DCGTX (Direction et contrôle des grands travaux) "Projet local de développement agricole de Daoukro". *DCGTX, Côte d'Ivoire*, 147 p, 1995.
- [4] C. Delor, Y. Simon, M. Vidal, Z. Zeade, Y. Koné, "Carte géologique de la Côte d'Ivoire à 1/200 000, feuille Agnibilékrou-dari", *Mémoire n°9 de la Direction des Mines et de la Géologie, Abidjan*, 1995.

- [5] H. Ranjbar, M. Honarmand, Z. Moezifar, "Analysis of ETM+ and Airborne Geophysical Data for Exploration of Porphyry Type Deposits in the Central Iranian Volcanic Belt, Using Fuzzy Classification. *Remote Sensing for Environmental Monitoring, GIS applications, and Geology III*"W, SPIE, pp 165-173, 2004.
- [6] S. Himyari, C. Hoepffner, M. Benzakour, D. E. Hadani, "Etude structurale du haut atlas oriental (Maroc) à l'aide de l'analyse linéaire des images HRV (XS) de Spot", *Télédétection*, Vol. 2, n°4, p. 243-253, 2002
- [7] J. Biemi, S. Deslandes, Q. H. J. Gwyn, P. Jourda, "Influence des linéaments sur la productivité des forages dans le bassin versant de Ta Haute Marahoué (Côte d'Ivoire): Apport de la télédétection et d'un système d'information à référence spatiale", *Télédétection et Gestions des Ressources*, vol. 7, pp 41-49, 1991.
- [8] M.B. Saley, "Système d'information hydrogéologique à référence spatiale, discontinuité pseudo- image et cartographie thématique des ressources en eau de la région semi-montagneuse de Man (Ouest de la Côte d'Ivoire)". *Thèse unique de doctorat, université de Cocody*, 209 p, 2003.
- [9] Géomines Ltée, "Inventaire hydrogéologique appliqué à l'hydraulique villageoise", *Minist. T. P. & Transp., Direct. Centr. Hydraul., République de Côte d'Ivoire, carte d'Agnibilékrou-dari Cahier n° 20*, 30 p, 1982.
- [10] F. G. Caldini, M. Posavec, M. J. Azuelos, "Carte photogéologique de la Côte d'Ivoire à 1/200 000, Feuille d'Agnibilékrou-dari", *Commission du Canada, Société pour Développement Minier de la Côte d'Ivoire (SODEMI)*, 1978.
- [11] A. N. Sawadogo, "Géologie et hydrogéologie du socle cristallin de Haute Volta". Etude régionale du Bassin versant de la Sissil. *Thèse Doctorat ès Sci. Nat., Univ. Grenoble 1, Inst. Dolomieu*, 350 p, 1984.
- [12] P. Jourda, M. B. Saley, E. M. Djagoua, K. J. Kouamé, J. Biémi, M. Razack, "Utilisation des données ETM+ de Landsat et d'un SIG pour l'évaluation du potentiel en eau souterraine dans le milieu fissuré précambrien de la région de Korhogo (Nord de la Côte d'Ivoire): Approche par analyse multicritère et test de validation", *Revue Internationale de Télédétection*, Vol. 5, n°4, pp 339-357, 2006.
- [13] Z. El Moorjani, "Conception d'un système d'information à référence spatiale pour la gestion environnementale ; application à la sélection de sites potentiels de stockage de déchets ménagers et industriels en région semi-aride (Souss, Maroc)". *Thèse de doctorat, Université de Genève. Terre et Environnement*, Vol. 42, 300 p, 2003.
- [14] I. Hentati, M. Zairi, H. B. Dhia, "Utilisation des SIG pour l'évaluation de la vulnérabilité environnementale des aquifères phréatiques : Cas de la nappe de Sfax- Agareb (Sud-Est tunisien)". *Communication SIG Environnement/Eau, Conférence Francophone ESRI*, 2005
- [15] I. Savane, "Contribution à l'étude géologique et hydrogéologique des aquifères discontinus du socle cristallin d'Odienné (Nord-ouest de la Côte d'Ivoire). Apport de la télédétection et d'un système d'information hydrogéologique à référence spatiale". *Thèse d'Etat, Université de Cocody*, 396 p, 1997.
- [16] P. Jourda, "Méthodologie d'application des techniques de Télédétection et des systèmes d'information géographique à l'étude des aquifères fissurés d'Afrique de l'Ouest. Concept de l'hydrotechnique spatiale : cas des zones tests de la Côte d'Ivoire". *Thèse de Doctorat d'Etat, Université de Cocody*, 430 p, 2005.
- [17] T.L. Saaty, "A scaling method for priorities in hierarchical structures". *Journal of Mathematical Psychology*, n° 15, pp 234-281, 1977
- [18] B. Roy, "Méthodologie multicritère d'aide à la décision". *Economica*, XXII, Paris, 423 p, 1995.
- [19] K. J. Kouamé, 2007. "Contribution à la gestion intégrée des ressources en eaux (GIRE) du district d'Abidjan (Sud de la Côte d'Ivoire) : Outils d'aide à la décision pour la prévention et la protection des eaux souterraines contre la pollution". *Thèse unique de doctorat, Université de Cocody*, 225 p.
- [20] C. Langevin, F. Pernel, T. Pointet, "Aide à la décision en matière de prospection hydrogéologique. L'analyse multicritère au service de l'évaluation du potentiel aquifère, en milieu fissuré (granite de Huelgoat, Finistère, France)". *Hydrogéologie*, n°1, pp. 51-64, 1991.
- [21] L. M. Samman, "Education et sensibilisation aux interrelations entre la dynamique de la population et les besoins en eau". *Congrès international de Kaslik-Liban*, 8 p, 18-20 juin 1998.

La compétitivité tunisienne dans le cadre de l'ouverture : Attitude et déterminants

[Tunisian competitiveness in the context of the opening: Attitude and Determinants]

Makram Gaaliche¹ and Hassine Dimassi²

¹ Institut Supérieur de Gestion,
Sousse, Tunisie

² Faculté de Droit et des Sciences Economiques et Politiques,
Sousse, Tunisie

Copyright © 2012 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: Until the eighties, Tunisia opted for a policy of import substitution and of protection of domestic market from foreign competition. Within this framework, the State controlled most of the economy such as: control of interest rates, price controls, maintaining an overvalued exchange rate, the maintenance of quantitative restrictions and tariffs high customs. In recent years, most developing countries, as Tunisia, adopt economic development strategies increasingly liberal and this by opening up their domestic markets to international trade. Indeed, the context in which the Tunisian economy is expected to move is difficult, and the challenge on its competitiveness is important. The analysis detected that Tunisia is succumbing to the foreign competition, which it faces on the world and European market. Indeed, we have revealed that Tunisian competitiveness is doped, especially, by the depreciation policy of the Tunisian Dinar and his compression policy of wages but, to a lesser extent, impelled by the real competitive potential to knowing the productivity gains. Consequently, and by the insignificant influence of structural component of the Tunisian competitiveness, it is primordial to revise its strategy of competitiveness, to be directed to the construction of a competitive potential, built on a durable basis, and un-doped by the exogenic measures, such the use of depreciation's weapon.

KEYWORDS: Competitiveness, competition, market share, European market, world market, Tunisia.

1 INTRODUCTION

Jusqu'au début des années quatre-vingt, la Tunisie optait pour une politique de substitution aux importations et de protection de son marché intérieur de la concurrence étrangère. Pour se faire, l'Etat contrôlait une grande partie de l'activité économique telle que : un contrôle des taux d'intérêt, un contrôle des prix, le maintien d'un taux de change surévalué, le maintien des restrictions quantitatives et des tarifs douaniers élevés. De telles politiques ont été accompagnées par d'énormes dépenses de la part de l'Etat, rendu possible grâce aux importantes recettes d'exportation de pétrole. De plus, malgré la chute du prix du pétrole et des matières premières au milieu des années quatre-vingt, causant ainsi la baisse des recettes de l'Etat, il continuait à dépenser tant en investissements publics qu'en subventions et ceci par un recours massif à l'emprunt extérieur. En dépit de cette situation et des politiques menées, des déséquilibres tant internes qu'externes apparaissent, aboutissant ainsi à la crise de 1986. Depuis, la Tunisie adopte un plan de stabilisation puis des réformes de structures dans le cadre du Programme d'Ajustement Structurel (PAS). Par l'intermédiaire de ce programme, la Tunisie vise à améliorer son efficacité économique, et ce en accentuant son ouverture sur l'extérieur et en adoptant des politiques économiques basées sur le libéralisme et les règles du marché.

Au cours des dernières années, la plupart des pays en développement adoptent des stratégies de développement économique de plus en plus libérales et ceci par l'ouverture de leurs marchés intérieurs au commerce international. Ainsi, on assiste à l'apparition du phénomène de la mondialisation qui ne cesse de se renforcer. Il s'agit d'un processus qui évoque

l'intégration croissante des économies dans le monde entier au moyen surtout des courants d'échanges et des flux financiers. Grâce à la mondialisation des marchés, il est possible de tirer parti de marchés plus nombreux et plus vastes dans le monde. Cela signifie, que l'on peut avoir accès à davantage de capitaux et de ressources technologiques, que les importations sont moins coûteuses et que les débouchés pour les exportations sont élargis. Ces opportunités qu'offre ce contexte restent tributaires de la capacité d'un pays à préserver et/ou à améliorer sa compétitivité pour se positionner durablement sur les différents marchés face à la rude concurrence découlant de ce processus. C'est ainsi que la compétitivité se trouve aujourd'hui au cœur des politiques adoptées par les pays quelque soit leurs niveaux de développement et, constitue l'une des préoccupations majeures des différents décideurs. Elle est devenue le thème central de la discussion de politique économique de telle sorte que, [1] exprime la crainte que l'obsession de la compétitivité se traduise par le développement d'une guerre économique au niveau internationale, destructrice de stabilité, et laissant des continents entiers à la dérive.

Par ailleurs, le contexte dans lequel l'économie tunisienne serait appelée à se mouvoir s'avère difficile et l'enjeu sur sa compétitivité est important. Donc, l'étude de la compétitivité tunisienne dans ce cadre concurrentiel s'avère primordial et pour laquelle nous allons consacrer notre présente recherche. De ce fait, dans une première étape, on va essayer d'évaluer la compétitivité tunisienne dans le cadre de cet environnement concurrentiel. Ensuite, en seconde partie, on va essayer d'identifier économétriquement, les sources qui sont à l'origine de cette compétitivité.

2 LES PERFORMANCES EN MATIERE DE COMPETITIVITE AU NIVEAU DU MARCHE MONDIAL

Associer la compétitivité d'un pays à la croissance des exportations constitue certes un indicateur important. Mais, il ne permet pas à lui seul de juger du degré de compétitivité d'un pays. En effet, l'analyse de la compétitivité d'un pays doit tenir compte de sa capacité de maintenir ou d'accroître ses parts de marché [2]. Un tel indicateur est important pour apprécier la compétitivité externe d'un pays. Les investigations effectuées dans ce cadre montrent que les parts de marché à l'exportation de biens de la Tunisie ont progressé en passant de 0.08% en 1987 à 0.10% en 1994. Mais, la tendance s'est renversée puisque les parts réalisées commencent à baisser en atteignant 0.08% en 2009 (voir Figure 1). Par contre, l'observation des parts de marché de la Chine, montre que cette dernière a pu réaliser des parts appréciables qui progressent d'une manière soutenue en comparaison avec celles de la Tunisie. En effet, elles ont passé de 1.56% en 1987 à 2.76% en 1996, puis de 4.19% en 2001 à 7.25% en 2009. De plus, on remarque qu'à côté de la supériorité des parts chinoises par rapport aux celles de la Tunisie, l'écart ne cesse de se creuser. Une telle situation reflète ainsi la forte concurrence chinoise qu'affronte la Tunisie dans le marché mondial. En outre, une forte concurrence européenne est entrain de se concrétiser. C'est le cas de la Pologne et de la Hongrie lesquelles, après une certaine baisse de leurs parts de marché, elles ont pu accélérer le rythme de croissance de leurs exportations et entraîner ainsi, une progression soutenue de leurs parts de marché. En effet, les parts de marché relatives à la Hongrie ont régressé, en passant de 0.37% en 1987 à 0.28% en 1996, pour augmenter ensuite en atteignant 0.48% en 2001 et 0.59% en 2009. De même pour la Pologne qui, après une légère régression de ses parts de marché, en passant de 0.48% en 1987 à 0.39% en 1994, ses parts commencent à augmenter pour atteindre 0.70% en 2003 et 0.85% en 2009. En outre, il s'est avéré que les parts de marché polonaises et hongroises restent toujours plus élevées que celles de la Tunisie et l'écart continue à s'accroître traduisant ainsi, la forte concurrence européenne que la Tunisie est entrain de subir dans le marché mondial. Ainsi, on peut conclure que les exportations tunisiennes, en dépit d'une forte concurrence asiatique et européenne se trouvent déclassées sur le marché mondial. Mais, qu'en est-il au niveau de son principal débouché l'Union Européenne (UE)?

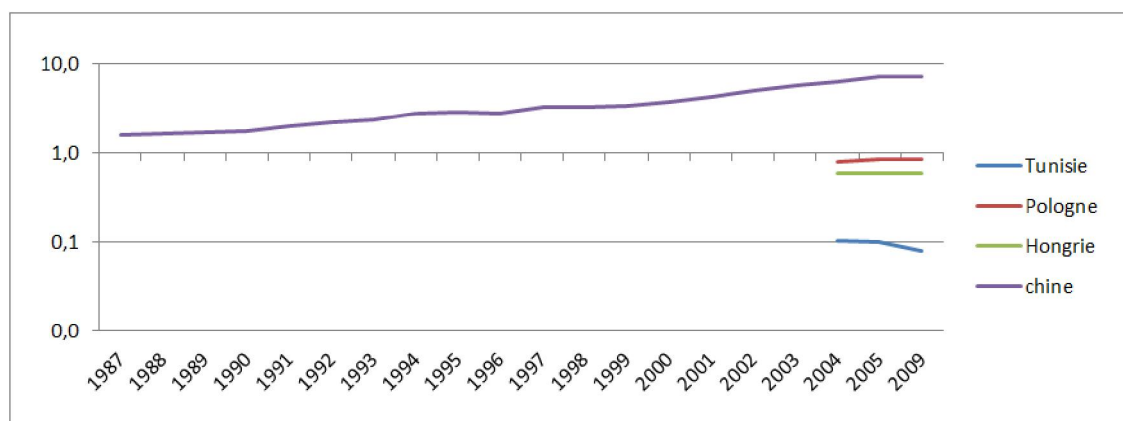


Fig. 1. Evolution des parts de marché à l'exportation de biens de la Tunisie et de certains de ses concurrents dans le marché mondial en%

3 LES PERFORMANCES EN MATIERE DE COMPETITIVITE AU NIVEAU DU MARCHE DE L'UE

Après une certaine amélioration des parts tunisiennes au niveau du marché européen, et ce en passant de 0.18% en 1990 à 0.61% en 1996, elles baissent jusqu'à 0.53% en 2009 (voir Figure 2). Mais, l'observation des parts de marché de certains pays concurrents tels que la Chine, la Pologne et la Hongrie montre que ces derniers n'ont cessé d'accroître leurs parts dans le marché européen. De plus, l'analyse montre que la Tunisie détient les parts les plus faibles et l'écart ne cesse de s'accroître. En effet, les parts de marché chinoises sont passées de 0.96% en 1990 à 5.08% en 1996, pour atteindre ensuite 9.69% et 12.6%, respectivement pendant les années 2003 et 2009. De même, les parts de marché polonaises n'ont cessé d'augmenter, en passant de 0.47% en 1990 à 2.006% en 1996, pour atteindre 4.56% en 2009. Aussi, la progression des parts de marché hongroises s'est réalisée d'une manière progressive et ce en passant de 0.31% en 1990 à 1.45% en 1996, pour atteindre 3.85% en 2009. Une telle analyse met en exergue la forte concurrence européenne qu'asiatique qu'affrontent les produits tunisiens sur le marché européen et qu'en dépit de laquelle, une détérioration au niveau de ses performances compétitives est observée.

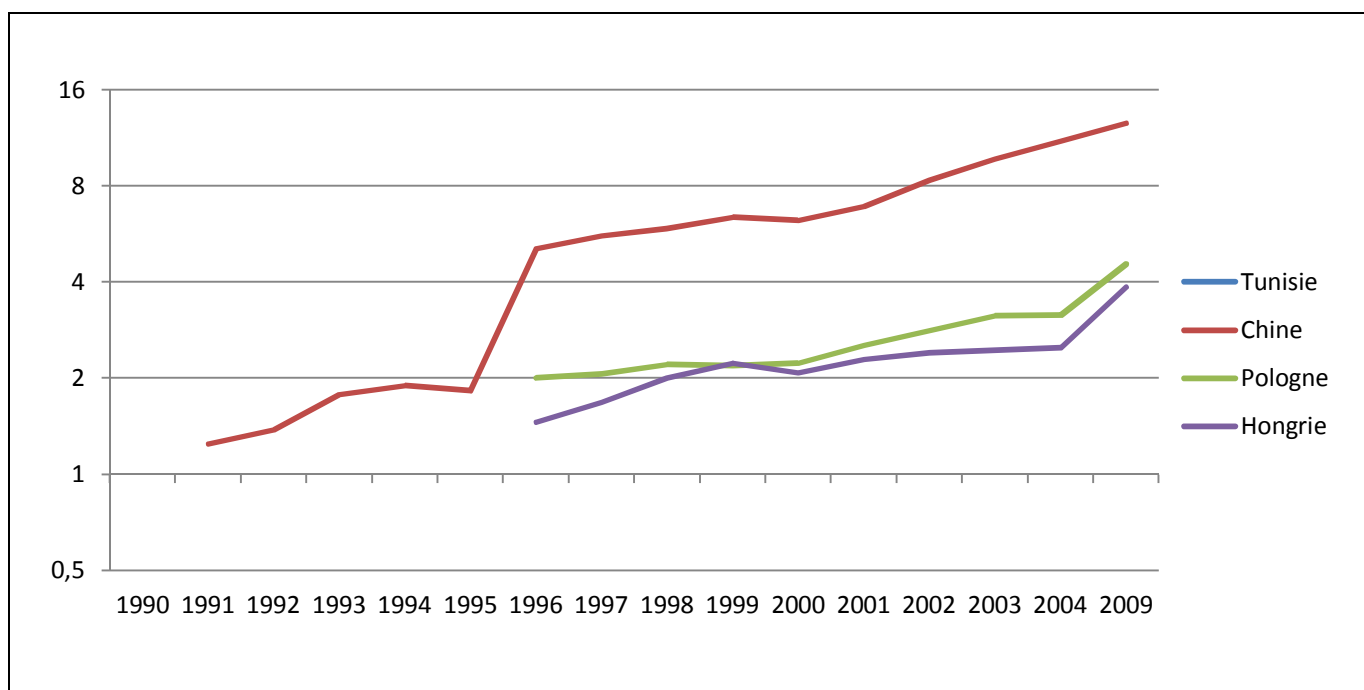


Fig. 2. Evolution des parts de marché à l'exportation de biens de la Tunisie et de certains de ses concurrents dans le marché de l'UE en %

Or, les résultats globaux en termes de part de marché peuvent dissimuler des performances différenciées par branche. De ce fait, pour une analyse plus raffinée, nous allons nous concentrer sur les principales branches exportées par la Tunisie vers l'UE, telles que : les vêtements et accessoires du vêtement, les chaussures, et enfin, les machines et appareils électriques.

- En ce qui concerne la branche vêtements et accessoires du vêtement, on constate qu'après une amélioration des parts tunisiennes dans le marché européen, en passant de 4.66% en 1990 à 5.06% en 1994, elles baissent jusqu'à 3.02% en 2009 (voir Figure 3). De même pour la Pologne et la Hongrie, où l'amélioration de leurs parts de marché a été suivie par une baisse. En effet, les parts de marché polonaises sont passées de 2.47% en 1990 à 5.18% en 1995, pour descendre ensuite à 1.54% en 2009 et pour la Hongrie de 1.92% en 1990 à 2.54% en 1998, pour descendre aussi à 1.25% en 2009. Par contre, on observe une forte augmentation des parts de marché chinoises qui sont passées de 10.81% en 1990 à 13.48% en 1995, pour atteindre 25.23% en 2009. Mais, malgré la détérioration de la compétitivité tunisienne relative à la branche vêtements et accessoires du vêtement dans le marché européen, on constate que les parts tunisiennes restent toujours plus élevées que celles de la Pologne et de la Hongrie. Ces derniers représentent de redoutables concurrents, vu l'avantage de leur proximité géographique à l'UE et surtout, les relations commerciales étroites dont ils bénéficient avec cette dernière telles que les accords de sous-traitance de textile et habillement impulsés par le trafic de perfectionnement passif [3]. Ainsi, on peut déduire que la compétitivité tunisienne relative à la branche vêtements et accessoires du vêtement s'est détériorée dans le marché de l'UE, résultat d'une forte concurrence de la part de la Chine. Cette dernière représente un redoutable concurrent sur le marché européen que ce soit pour la Tunisie que pour certains Pays d'Europe Centrale et Orientale (Pologne, Hongrie).

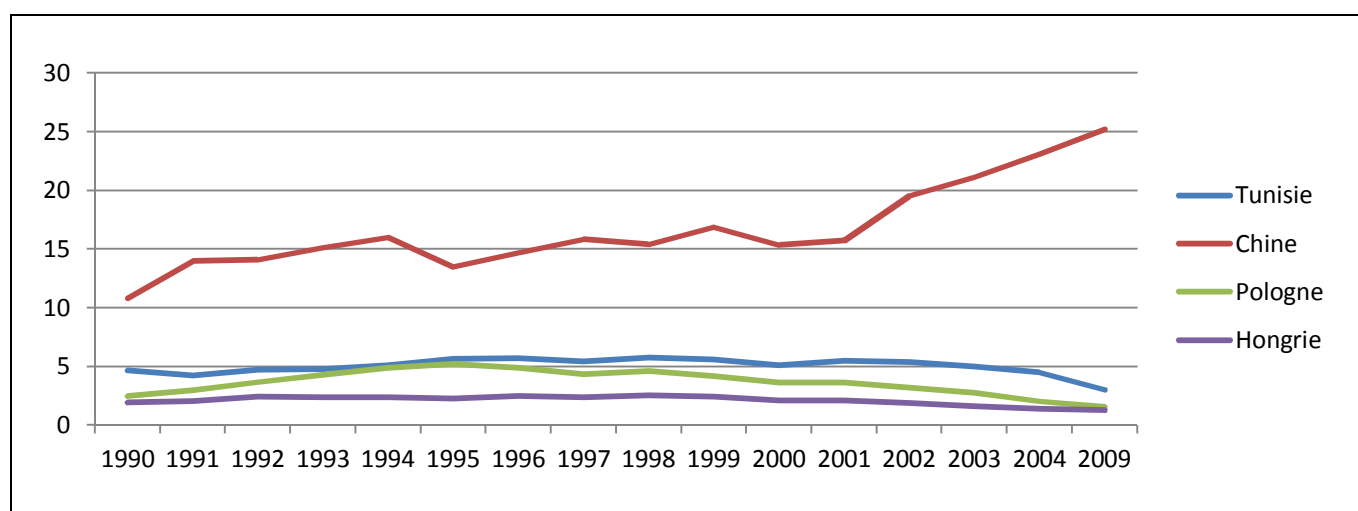


Fig. 3. Evolution des parts de marché à l'exportation de vêtements et accessoires du vêtement de la Tunisie et de certains de ses concurrents dans le marché de l'UE en %

- Au niveau de la branche chaussures, après une certaine amélioration des parts tunisiennes dans le marché européen, en passant de 1.448% en 1990 à 3.111% en 1999, elles baissent jusqu'à 1.042% en 2009 (voir Figure 4). De même pour la Pologne et la Hongrie qui, après une certaine amélioration de leurs parts de marché, une baisse est observée d'une ampleur plus importante que la Tunisie. En effet, les parts de marché polonaises sont passées de 2.457% en 1990 à 2.474% en 1995, pour descendre ensuite à 0.552% en 2009. Concernant la Hongrie, ses parts de marché ont augmenté en passant de 3.289% en 1990 à 4.25% en 1992, pour chuter ensuite jusqu'à 0.63% en 2009. Malgré de telles évolutions, on constate que les parts tunisiennes relatives à la branche chaussures se sont caractérisées par une certaine supériorité vis-à-vis de la Pologne et la Hongrie, et ceci pendant les années de 2000. Par contre, les parts de marché chinoises n'ont cessé d'augmenter et restent toujours les plus élevées, et ce en passant de 8.386% en 1990 à 16.603% en 1995, pour atteindre ensuite 27.93% en 2009. Donc, on peut déduire que la compétitivité des chaussures tunisiennes au niveau du marché européen s'est détériorée et ceci en raison surtout d'une forte concurrence de la part des chaussures chinoises qui n'ont cessé de se confirmer dans ce marché.

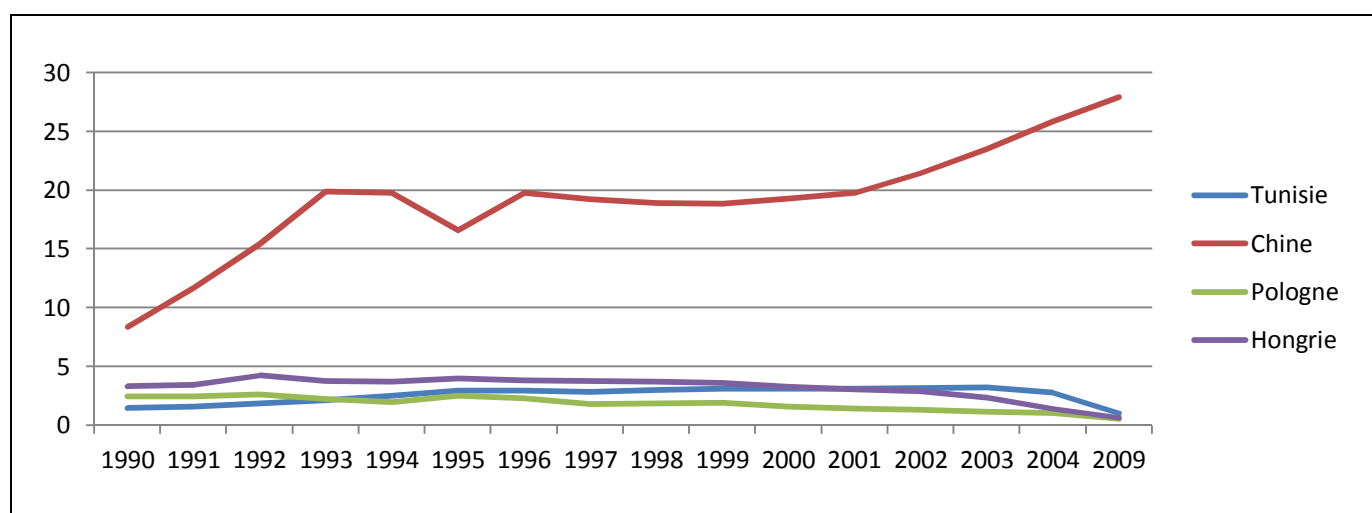


Fig. 4. Evolution des parts de marché à l'exportation de chaussures de la Tunisie et de certains de ses concurrents dans le marché de l'UE en %

- Du côté de la branche machines et appareils électriques, on remarque que les parts tunisiennes détenues dans le marché européen enregistrent une légère augmentation. En effet, elles sont passées de 0.48% en 1990 à 0.60% en 1997, pour atteindre 2.02% en 2009 (voir Figure 5). De même pour la Pologne, la Hongrie et la Chine, on observe une amélioration de leurs parts de marché mais selon une cadence plus accélérée que la Tunisie. En effet, elles sont passées de 0.84% à 4.23%

pour la Pologne, de 0.86% à 3.12% pour la Hongrie, et de 1.24% à 17.65% pour la Chine, respectivement pendant les années 1990 et 2009. En outre, on remarque que les parts tunisiennes relatives à la branche machines et appareils électriques restent toujours inférieures des celles réalisées par ses concurrents et l'écart ne cesse de se creuser, tout au long de la période (1990-2009). Donc, les machines et appareils électriques tunisiennes affirment une certaine compétitivité dans le marché européen mais, avec difficulté, vu la forte concurrence qu'elles affrontent de la part de certains pays concurrents (Pologne, Hongrie et Chine).

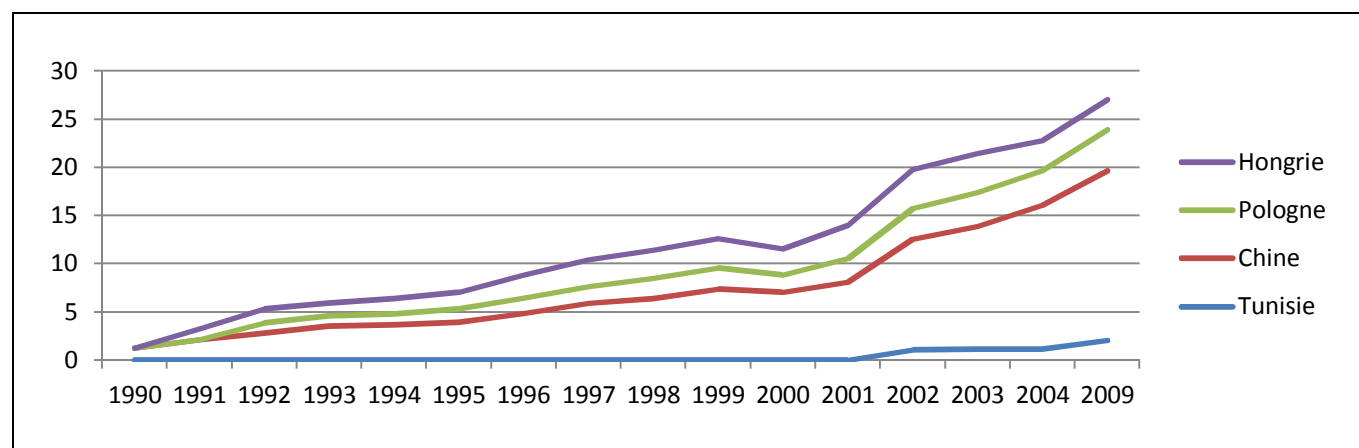


Fig. 5. Evolution des parts de marché à l'exportation de machines et appareils électriques de la Tunisie et de certains de ses concurrents dans le marché de l'UE en %

Enfin, on peut conclure que la Tunisie trouve de la difficulté pour surmonter la concurrence découlant de sa stratégie d'ouverture sur l'extérieur. En effet, elle est entrain de succomber à la concurrence étrangère qu'elle affronte sur le marché mondial qu'eupéen. De plus, il s'est avéré que la détérioration de sa compétitivité est le résultat d'une concurrence exercée par certains pays européens et surtout, d'une forte concurrence des produits de la Chine. Cette dernière n'a cessé d'imposer ses produits dans le marché européen et d'en accaparer des parts appréciables. Pour cette raison, identifier les sources de compétitivité de l'économie tunisienne s'avère une tâche primordiale, afin de déceler les politiques stratégiques qu'elle devrait appliquer. Ce qui fera l'objet de la partie ci-après.

4 LES SOURCES DE COMPETITIVITE: PRESENTATION DU MODELE ET ESTIMATION

Pour rendre compte des déterminants de compétitivité des biens de la Tunisie, nous allons formuler un modèle économétrique, tout en prenant comme référence théorique le Modèle Kaldor-Verdoorn Généralisé [4]. Le modèle définit la demande étrangère d'exportation comme étant fonction de la productivité, du Taux de Change Effectif Réel, pour détecter l'effet prix, et la demande mondiale, pour détecter l'effet revenu. Dans notre estimation, nous allons utiliser les mêmes variables explicatives mais, en considérant comme variable endogène les parts de marché au lieu des exportations. En plus, en vue de détecter l'effet coût qui se rapporte aux coûts des facteurs de production et à l'efficacité de la production, nous allons introduire la variable Coûts Salariaux Unitaires. Pour l'effet hors prix, nous allons utiliser la méthode de [5] qui intègre la tendance temporelle comme une approximation des gains potentiels de compétitivité, obtenus grâce à des facteurs hors coûts. Ce trend temporel représente un proxy pour tous les avantages hors prix non pris en compte par les variables traditionnelles à savoir : la qualité des produits, marketing, infrastructures de transports et de télécommunications, proximité linguistique, etc.

Ainsi, la forme réduite du modèle sera la suivante :

$$PM = f(PIB, TCER, Pr, CSU, TREND)$$

Avec :

PM : les parts de marché à l'exportation de biens tunisiens, appréhendées en termes d'indice.

TCER: le Taux de Change Effectif Réel du Dinar tunisien par rapport aux monnaies des pays partenaires et concurrents, appréhendé sous forme d'indice. Il est calculé au certain, ce qui signifie que toute diminution du TCER du Dinar tunisien traduit une dépréciation effective réelle par rapport aux monnaies des pays partenaires et concurrents, favorable à la croissance des exportations.

PIB: le revenu étranger calculé par la moyenne géométrique pondérée des PIB réels des principaux pays partenaires de la Tunisie.

Pr: la productivité des facteurs de production relative aux biens tunisiens. Elle est déterminée par la moyenne pondérée de la productivité partielle du facteur travail et capital, et dont le coefficient de pondération étant égal à la part des salaires dans la valeur ajoutée.

CSU: les Coûts Salariaux Unitaires relatifs aux biens tunisiens, appréhendés comme étant le salaire moyen rapporté à la productivité partielle du travail.

TREND: tendance temporelle

De plus, nous allons prendre le Log Linéaire des variables afin de calculer les élasticités, ce qui donne le modèle suivant :

$$\text{Log (PM}_t\text{)} = \beta_0 + \beta_1 \text{Log (PIB}_t\text{)} + \beta_2 \text{Log (TCER}_t\text{)} + \beta_3 \text{Log (Pr}_t\text{)} + \beta_4 \text{Log (CSU}_t\text{)} + \beta_5 (\text{Trend}) + \varepsilon_t$$

Les résultats de l'estimation sont obtenus par le logiciel «Eviews 5.0». La période d'application est celle de 1987-2009 et pour laquelle nous obtenons les estimations suivantes (voir Tableau 1) :

Tableau 1. Principaux résultats de l'estimation

Variables	Paramètres	Valeurs	Probabilité
Log (PIB)	β_1	0,65	0,043*
Log (TCER)	β_2	-2,48	0,0305*
Log (Pr)	β_3	0,22	0,0417*
Log (CSU)	β_4	-2,1	0,0228*
TREND	β_5	0,0025	0,0731**
R ²	0.94		
Prob (F-statistic)	0.02		

* : Variable significative au seuil $\alpha=5\%$; ** : Variable significative au seuil $\alpha=10\%$.

$$\text{Log(PM)} = 3,02 + 0,65 \text{ Log(PIB)} - 2,48 \text{ Log(TCER)} + 0,22 \text{ Log(Pr)} - 2,1 \text{ Log(CSU)} + 0,0025 \text{ Trend}$$

Notre modèle est justifié et globalement significatif, vu que le coefficient de détermination est proche de 1 ($R^2 = 0,94$), et la probabilité de la significativité globale du test de Fisher est inférieure au seuil du risque $\alpha = 5\%$ (Prob F-statistic = 0.2). On constate que la sensibilité des parts de marché tunisiennes aux variations de la demande étrangère (effet revenu) est de 0,65%. Elle est relativement faible par rapport aux effets du taux de change et des coûts salariaux. En effet, il s'est avéré que toute dépréciation effective de 1% du Dinar tunisien entraîne un accroissement de 2,48% des parts tunisiennes. De même, la diminution de 1% des coûts salariaux tunisiens engendre des gains de parts importants de 2,1%. Une telle influence d'ampleur de l'effet prix et de l'effet coût sur la conduite des parts de marché, ne peut être qu'un signe de la fragilité de la compétitivité tunisienne. En effet, les vertus de la dépréciation du Dinar tunisien peuvent être annulées par une dépréciation similaire des monnaies des pays concurrents, et ajoutant aussi, son effet sur le gonflement de l'encours de la dette extérieures, qui peut être induit par une telle manipulation. En outre, la diminution des coûts salariaux unitaires peut être le résultat d'une politique de compression de salaires, mettant ainsi en évidence, la non durabilité des gains potentiels de compétitivité engendré par la diminution des coûts salariaux. Par ailleurs, il s'est avéré que la sensibilité des parts tunisiennes aux gains de productivité est relativement faible, de sorte que, tout accroissement de 1% de ces derniers entraîne une amélioration de 0,22% des parts. Aussi pour la dimension hors prix de la compétitivité, où on s'est aperçu de sa très faible influence sur la dynamique des parts de marché tunisiennes, de telle sorte que, chaque amélioration de 1% des déterminants qualitatifs entraîne un infime accroissement des parts tunisiennes de 0,0025%.

A l'issue d'une telle analyse, on peut confirmer que la compétitivité des produits tunisiens est presque non impulsée par les éléments hors prix, et faiblement conditionnée par le vrai potentiel compétitif à savoir, les gains de productivité. En revanche, elle est dopée par des dépréciations effectuées au niveau du dinar, et par des compressions au niveau des salaires. Un tel constat ne peut qu'affirmer la fragilité des potentiels sur lesquels repose la compétitivité tunisienne. En perspective, on peut mettre en exergue l'importance des mesures qui visent le développement de la structure interne de l'entreprise tunisienne, et ce dans le but d'aboutir à un potentiel compétitif, construit sur une base saine, et non dopé par des mesures exogènes, telles l'utilisation des armes de la dépréciation et de la compression des salaires.

5 CONCLUSION

L'analyse des parts de marché à l'exportation de bien de la Tunisie, a pu déduire que la Tunisie est entrain de succomber à la concurrence étrangère qu'elle affronte sur le marché mondial qu'eupéen. En outre, l'analyse empirique a pu déceler que la compétitivité tunisienne trouve son origine surtout, suite à des dépréciations effectives réelles du Dinar tunisien et à une maîtrise des coûts salariaux. Une telle stimulation provoquée de la compétitivité tunisienne, met sa viabilité en enjeu, surtout, que l'effet des éléments hors prix est presque insignifiant sur la dynamique de ses parts de marché. De ce fait, la Tunisie devrait améliorer ses gains de productivité, et exploiter encore plus les avantages hors prix, itinéraire à adopter, pour réaffirmer sa compétitivité sur une base saine et durable.

REFERENCES

- [1] P. Krugman, "Competitiveness: A Dangerous Obsession," *Foreign Affairs*, vol. 73, n°. 2, pp. 28-44, April 1994.
- [2] J. Markusen, "Productivité, compétitivité, performance commerciale et revenu réel: le lien entre les quatre concepts," *Conseil économique du Canada*, 175p, 1992.
- [3] S. Mouley et B. Guilhon, "L'Euro, L'intégration des PECO dans l'UE et la compétitivité de la filière textile en Tunisie : détournement d'échanges ou création de trafic ?," Communication au colloque, *l'impact de l'élargissement de l'Union Européenne aux PECO sur les pays du sud de la méditerranée*, pp. 51-69, Tunis 28-29, Janvier 1999.
- [4] N. Kaldor, "Lenteur de croissance économique du Royaume-Uni, ses causes," *Analyse et prévision*, vol. 3, no. 3, pp. 169-181, Mars 1967.
- [5] M. Aglietta, "Macro-économie Internationale," *Montchrestien*, 629 p, 1998.

Contribution des images satellitaires Landsat 7 ETM+ à la cartographie lithostructurale du Centre-Est de la Côte d'Ivoire (Afrique de l'Ouest)

[Contribution of Landsat 7 ETM+ imagery to the litho-structural mapping of east-central Côte d'Ivoire (West Africa)]

Gbele OUATTARA¹, Gnammytchet Barthélemy KOFFI¹, And Alphonse Kouakou YAO¹

¹Département des Sciences de la Terre et des Ressources Minières (STeRMi)/Laboratoire du Génie Civil, des Géosciences et Sciences géographiques/Institut National Polytechnique Félix Houphouët-Boigny, Yamoussoukro, Côte d'Ivoire

Copyright © 2012 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: Control of different network fractures is an important tool in the Mining Research in the Birimian of West Africa. The objective of this work is to highlight the fractures and major formations of central-east of Ivory Coast, using Landsat 7 ETM+ images. We have extracted lineaments and the hydrographical network from an analogic analysis supplemented by numerical analysis using directional filters. Next, we determined the limits of lithological using textures and colors. A sketch map of lithostructural was thus obtained.

Several directions of major fractures were mapped. These directions are: sinistral submeridional N00°-N10°, sinistral N30° to N45°, dextral N80° to N90°, sinistral N120° to N140° and sinistral N150° N160°. Submeridional fractures are older and those of East-West direction seem to be the latest.

KEYWORDS: Landsat 7 ETM+ images, Lineaments, Major fractures networks, Mining Exploration, Central-East of Ivory Coast.

RESUME: La maîtrise des différents réseaux de fractures est un outil capital en recherche minière dans le birimien de l'Afrique de l'Ouest. L'objectif de ce travail est de mettre en évidence les fractures, ainsi que les grands ensembles lithologiques de la région du Centre-Est de la Côte d'Ivoire, au moyen des images satellitaires Landsat 7 ETM+. Nous avons extrait les linéaments, ainsi que le réseau hydrographique et les infrastructures à partir d'une analyse analogique complétée par des analyses numériques à l'aide de filtres directionnels. Ensuite, nous avons déterminé les limites des ensembles lithologiques à l'aide des textures et teintes. Une esquisse lithostructurale téléanalytique a ainsi été obtenue.

Plusieurs directions de fractures majeures ont été cartographiées. Il s'agit des directions subméridiennes N00° à N10° senestres, N30° à N45° senestres, N80° à N90° dextres, N120° à N140° senestres et N150° à N160° senestres. Les fractures subméridiennes sont les plus anciennes et celles de direction Est-Ouest semblent être les plus récentes.

MOTS-CLES: Images Landsat 7 ETM+, Linéaments, Réseaux de fractures majeures, Exploration minière, Centre-Est de la Côte d'Ivoire.

1 INTRODUCTION

Les recherches dans le domaine de la cartographie géologique téléanalytique représentent une place de choix pour le nouveau souffle de développement de l'exploration minière en Côte d'Ivoire. Notre préoccupation a été d'extraire tous les réseaux de fractures majeures et les grands ensembles lithologiques de la région Centre-Est de la Côte d'Ivoire en nous servant des images satellitaires Landsat 7 ETM+. Il s'agit de recenser tous les linéaments visibles sur les images Landsat ETM+, ainsi que les limites des ensembles lithologiques et les intégrer afin de réaliser l'esquisse d'une carte géologique téléanalytique qui servira de document de base pour les campagnes de prospection géologique et minière.

Les travaux antérieurs ont permis de relever les grands traits lithologiques et structuraux qui suivent.

1.1 ENSEMBLES GEOLOGIQUES DU CENTRE-EST DE LA COTE D'IVOIRE

Les formations du Centre-Est de la Côte d'Ivoire qui appartiennent au domaine Baoulé-Mossi [1]-[2], (Figure 1) peuvent se subdiviser en trois grands ensembles :

- un ensemble granito-gneissique occupant la partie occidentale ;
- un sillon médian constitué de laves, de brèches et de volcanosédiments, avec de puissantes intercalations de schistes, de quartzites (correspondant au sillon de Toumodi-Fettékro) ;
- des formations sédimentaires et volcanosédimentaires dans la partie orientale de la zone, correspondant au bassin de la Comoé.

Ces trois ensembles sont intrudés de formations granitiques, granodioritiques et basiques.

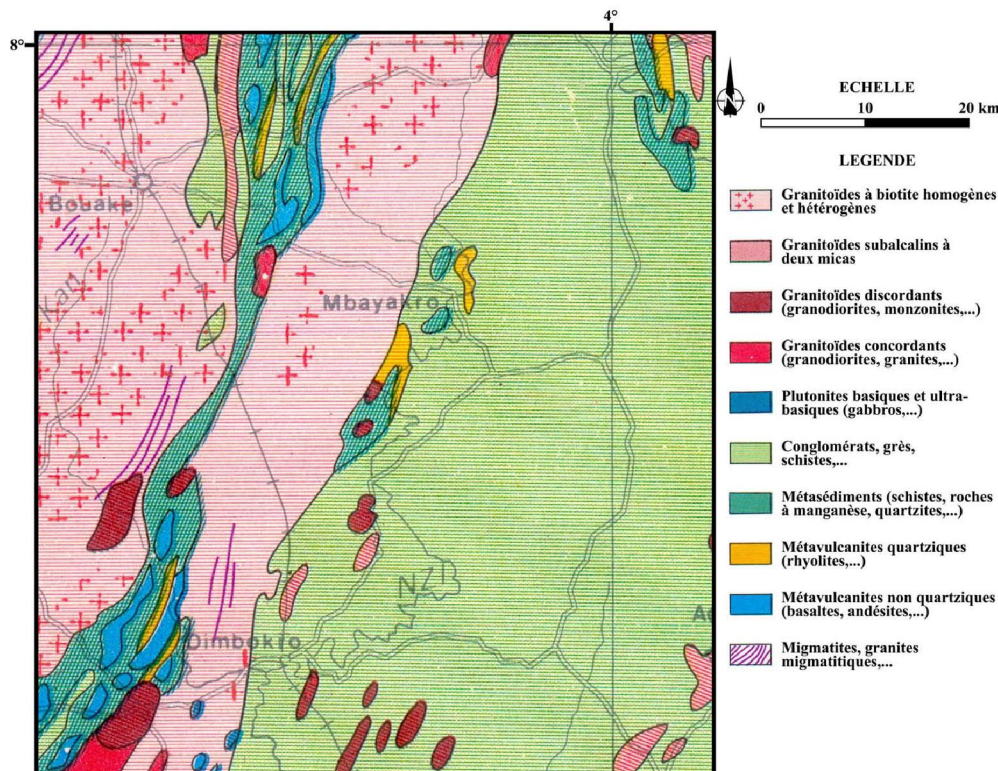


Fig. 1. Carte géologique simplifiée du Centre-Est de la Côte d'Ivoire, modifiée d'après [3]

1.1.1 ENSEMBLE MIGMATITIQUE

Les migmatites sont très développées dans le secteur Sud. Elles présentent différents faciès, depuis les ensembles les moins migmatitisés jusqu'aux granites d'anatexie. Il faut cependant souligner que ce dernier type est peu développé et constitue des secteurs non cartographiables.

La migmatitisation affecte des faciès variés que l'on retrouve presque indemnes tantôt sous forme de paléosome tantôt discrètement migmatitisés ou encore partiellement « dilués » dans le leucosome. Il s'agit de formations d'aspect gneissique, sombre à grains fins qui présentent un caractère fréquemment cataclastique. Le matériel peut aussi être équant ou rubané à amphiboles ou à biotite-amphiboles à grains variables. Il peut être également de la granodiorite orientée à biotite-amphibole ou biotite seule. Dans cet ensemble, les trois faciès les plus fréquents sont : les gneiss migmatitiques, les migmatites granitiques et les migmatites rubanées.

1.1.2 FORMATIONS DU SILLON

Au sein de l'ensemble granito-gneissique, s'est développé un sillon médian d'extension latérale variable, composé de formations éruptives, de volcanosédiments et de sédiments ayant des relations très étroites [4]. Ces formations s'étendent sur plus de 120 Km du Nord au Sud dans cette zone. L'on y distingue :

- les roches éruptives basiques composées d'amphibolites, de metabasites, de métadolérites et de brèches basiques. Elles affleurent toujours en relief bien individualisé au sein de l'ensemble volcanosédimentaire ;
- les roches éruptives acides composées de rhyolites, de rhyodacites et de brèches acides. Ces roches sont généralement homogènes, massives souvent aphanitiques.
- les volcanosédiments constitués de grauweekes, de pyroclastites acides et basiques et de tufs acides et basiques ;
- les sédiments sont, notamment, les schistes, les grès, les quartzites et les conglomérats. Les schistes sont présents en intercalation au sein du sillon de Fettékro où ils sont associés aux pyroclastites. Nous distinguons dans cet ensemble les schistes chloriteux, sériciteux, gréseux, graphiteux, les calcschistes et les schistes noirs. Les quartzites sont, quant à eux, en intercalation entre les zones granitiques et les formations volcanosédimentaires.

1.1.3 ENSEMBLE DES GRANITOÏDES

L'on y trouve divers types de granitoïdes qui occupent l'Ouest de la feuille de M'Bahiakro du Nord au Sud [5] et également la partie centrale entre la chaîne de Fettékro et le grand pays des schistes à l'Est [6]-[7]. L'on distingue, selon le mode de gisement et les relations avec l'encaissant, des granitoïdes à caractères intrusifs et, d'autres, présentant des caractères de granitoïdes hybrides.

1.2 ETUDE STRUCTURALE

Les interprétations photographiques et géophysiques : cartes aéro-magnétiques et les études de terrains ont permis de mettre en évidence deux accidents majeurs dans les formations du Centre-Est de la Côte d'Ivoire : l'un Nord-Sud nommé accident de Brobo et l'autre ENE-OSO nommé accident de Dimbokro.

1.2.1 ACCIDENT DE BROBO

Cet accident N-S a été étudié par Lemoine [8]-[9]. La largeur de la zone déformée varie entre 3 et 6 km et se traduit par des formations blastomylonitisées sur le terrain. C'est une zone de décrochement ductile senestre. Elle est marquée par la juxtaposition de deux surfaces : une foliation de direction localement oscillante et des plans de cisaillement plus ou moins serrés avec une linéation subhorizontale.

1.2.2 ACCIDENT DE DIMBOKRO

C'est un grand accident orienté globalement N70°, décrochant, sépare le bassin de l'Est des formations cristallines de l'Ouest. L'on le suit tout le long de la feuille de M'Bahiakro dans sa partie orientale [5]. Il se caractérise par de fortes anomalies magnétiques dans la région de Bocanda. Ces anomalies s'affaiblissent vers M'Bahiakro où l'accident est bordé par les ensembles volcanosédimentaires. Dans la région centrale, il affecte les migmatites, déforme la bordure orientale de la granodiorite porphyroïde de Satama-Sokoura et boudine des enclaves basiques des formations contigües.

1.2.3 ACCIDENTS MARGINAUX

D'autres séries d'accidents sont présents dans la zone. Leurs empreintes sur le terrain ne sont pas toujours décelables notamment dans la partie Est où l'épaisseur d'altération est généralement supérieure à 30 m. Dans les granitoïdes, ces accidents se traduisent par des zones blastomylonitisées et des décrochements. L'attitude générale est ONO-SSE et ces accidents recoupent les contacts granites - ensembles volcanosédimentaires. Il faut remarquer que les directions E-O s'observent dans les granitoïdes du Sud et également dans les ensembles volcanosédimentaires. Certains traits du réseau hydrographique suivent ces directions.

2 MATERIEL ET METHODES

Les images satellitaires Landsat 7 ETM+ du Centre-Est de la Côte d'Ivoire ont été téléchargées sur le site internet de l'université du Maryland à l'adresse <http://www.glc.f.umd.edu>. Leurs caractéristiques sont les suivantes :

Nom : p196r055 du 26 janvier 2001 ; Type de fichier : GEOTIFF ; Capteur: ETM+ ; Projection : UTM, zone 30 nord ; Ellipsoïde : WGS-84 ; Résolution : 28,5 mètres ; Description : GEO-TIFF_Orthorectifiée.

Nous avons utilisé au total 9 images (bandes 1, 2, 3, 4, 5, 6-1, 6-2, 7 et 8). La bande 8 est la bande panchromatique de résolution 15 mètres au sol. La localisation de la zone couverte par nos images est indiquée sur la Figure 2.

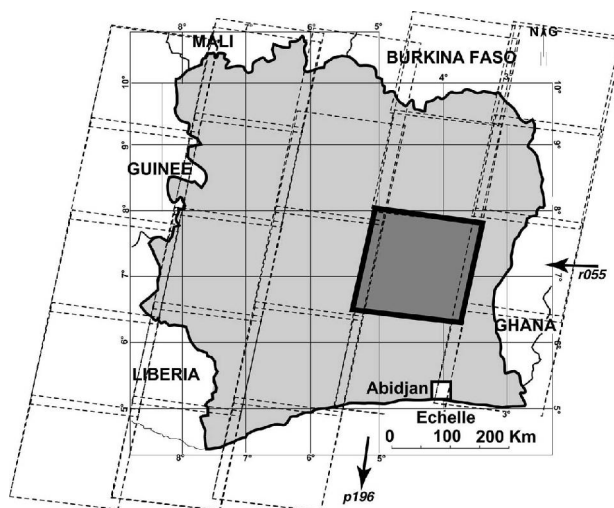


Fig. 2. Carte de localisation des images satellitaires Landsat 7 ETM+ (path : 196 ; row 055)

Deux types d'analyses ont été effectués sur les images de la Figure 3. Il s'agit de l'analyse analogique et de l'analyse numérique.

2.1 ANALYSE ANALOGIQUE

La réalisation d'une carte géologique téléanalytique doit respecter les différentes étapes suivantes (Figure 4):

- une analyse analogique qui consiste en l'extraction des linéaments, en la détermination des ensembles géologiques et en l'extraction des infrastructures et réseau hydrographique sur support papier;
- une analyse numérique par le traitement des données obtenues aux moyens de logiciels tels que Envi 4.5, Adobe Photoshop et Adobe Illustrator ;
- une phase de validation des données issues des analyses analogiques et numériques (à partir de cartes géologiques préexistantes et de travaux sur le terrain).

Nous avons donc pu faire ressortir les différentes agglomérations de notre zone ; ensuite nous avons matérialisé le réseau hydrographique, les différentes limites lithologiques possédant une signature spectrale particulière et enfin toutes les structures linéamentaires. Cette succession d'opérations a contribué à réaliser la carte téléanalytique brute. La détermination des ensembles géologiques s'est faite à travers les teintes, les textures et l'analyse des formes sur les images satellitaires.

Sur les images satellitaires, on remarque différentes zones homogènes qui peuvent caractériser un type de texture bien précise, un type d'objet géologique, des zones fortement structurées, des parcelles brûlées, des paysages transformés par l'activité humaine. La texture sur l'image satellitaire est représentée par un agencement spatial de petits éléments homogènes de même intensité de rayonnements [10]. Elle est aussi matérialisée par une forme, un contenu homogène et une grandeur spécifique dans un environnement connu.

La zone d'étude étant pénéplanée et recouverte de latérites, la texture sur les images Landsat ETM+ dépend fortement de la végétation et de la couverture latéritique. Elle est représentée par un aspect lisse ou grossier. La forme, quant à elle, fait allusion aux structures circulaires observées sur les images satellitaires qui peuvent correspondre aux réseaux de fractures concentriques, à la foliation magmatique qui souligne le caractère diapirique du massif granitique, à des faciès pétrographiques emboîtés et/ou des stades d'arénisation différents ([11], [12], [13] - [14]). Les structures circulaires caractérisent la majorité des granitoïdes.

La notion de teinte prend en compte la couleur (ou le niveau de gris pour la bande panchromatique) sur les images satellitaires ETM+ correspondant à des lithologies particulières, mais aussi à des événements climatiques ou à l'activité humaine.

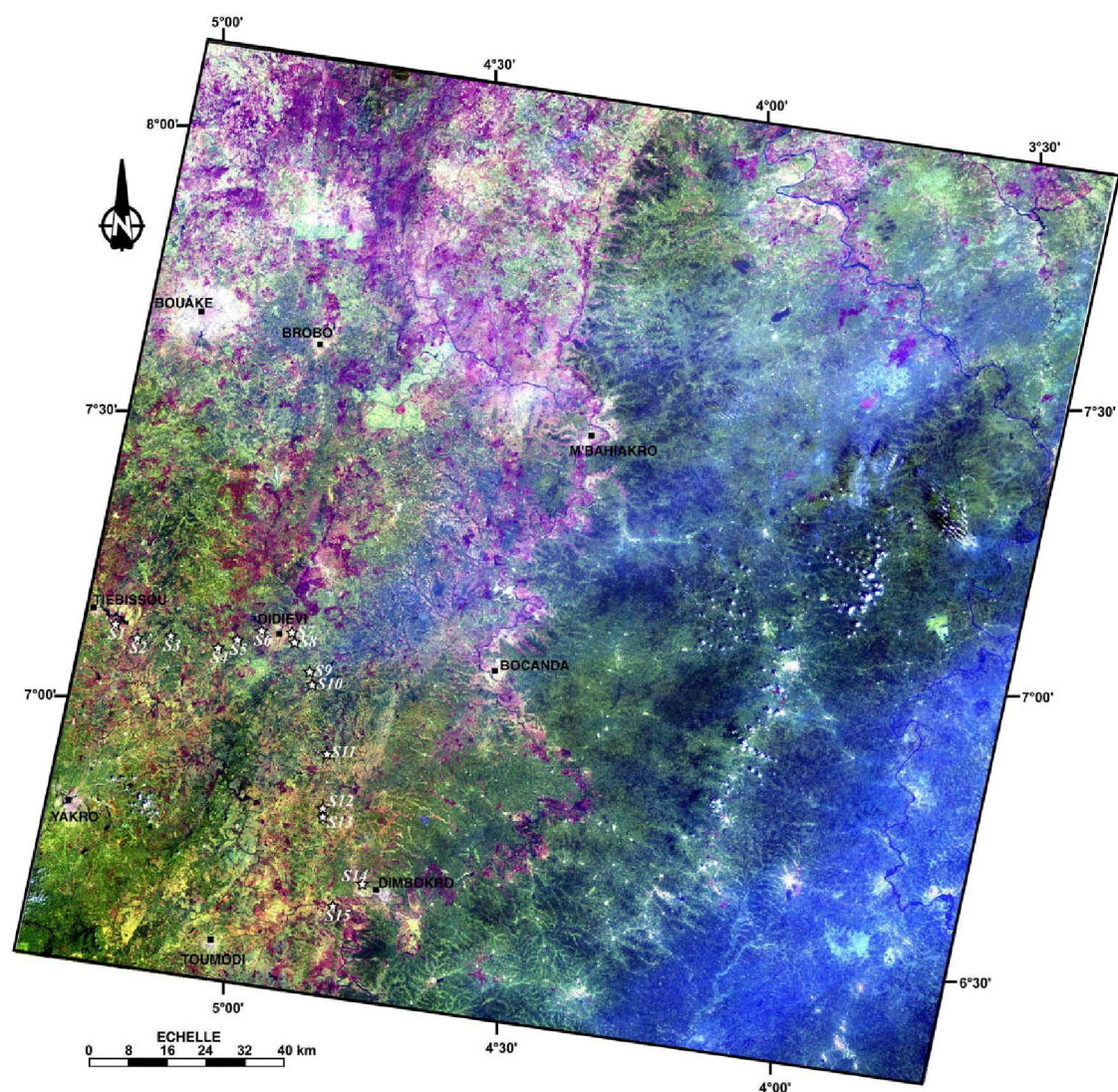


Fig. 3. Image en composition colorée RVB 752 et positionnement des sites (S ; de Tiébissou à Toumodi, en passant par Dimbokro) étudiés sur le terrain

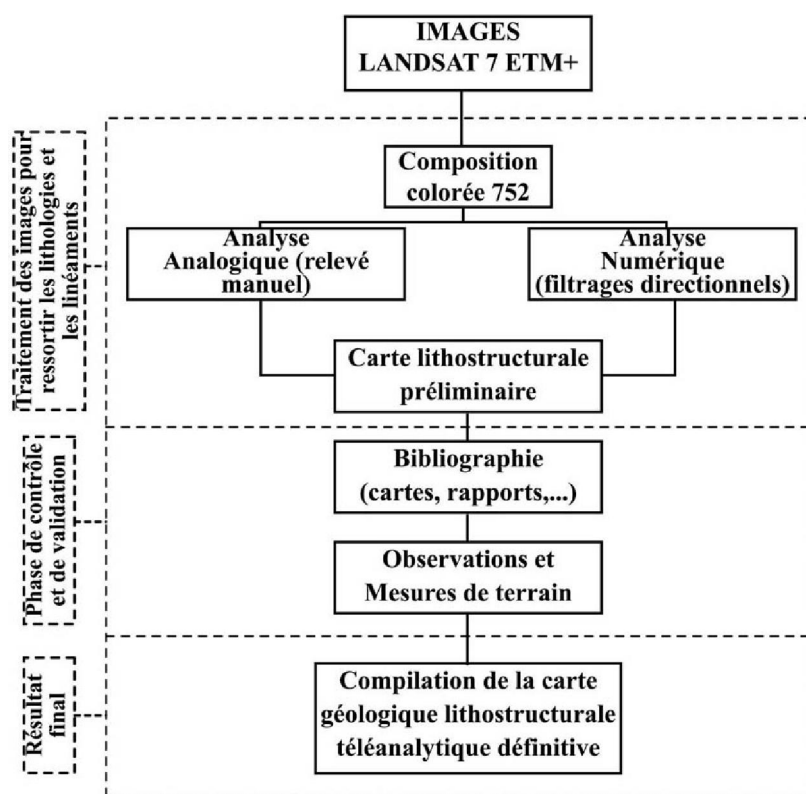


Fig. 4. Chaîne de traitement d'une scène satellitale Landsat 7 ETM+

2.2 ANALYSE NUMERIQUE

Les images ayant été préalablement géoréférencées et orthorectifiées, nous avons procédé à des traitements aboutissant à des images en compositions colorées. La combinaison des canaux 7, 5, 2 permet d'avoir une image plus lisible et plus contrastée. Nous procédons à une analyse des images ainsi générées, par l'application de techniques plus pertinentes pour le rehaussement des structures linéaires. L'utilisation des logiciels tels que : Envi 4.5, Adobe Photoshop et Adobe Illustrator ont rendu possible les traitements numériques des images. Ces logiciels ont été utiles pour le rehaussement des structures linéaires et la finalisation de la carte. Différents types de traitements ont pu être réalisés, en vue de rendre plus facilement détectables les limites des ensembles lithologiques ayant une signature spectrale particulière et les ensembles linéamentaires. Parmi ces traitements, l'on distingue, par exemple : les filtres ou masques. Le filtrage consiste à changer la valeur d'un pixel en fonction de celle de ses voisins ([15], [16], [17] - [18]). Le type de filtre utilisé dépend des résultats recherchés. Nous avons, par exemple, les filtres passe-bas qui correspondent à un lissage de l'image par élimination des hautes fréquences. L'on a également les filtres passe-haut qui ont pour rôle d'éliminer les basses fréquences et permettent une détection des contours.

Dans le cadre de notre étude, nous avons utilisé comme traitements, les filtres directionnels, en particulier, les filtres Yesou, Prewitt, Sobel. Ces filtres directionnels dont les matrices d'application sont présentées dans les tableaux 1 et 2 ont été conçus pour faire ressortir ou masquer des caractéristiques spécifiques d'une image en se basant sur leur fréquence liée à la texture ([19], [20], [21], [22], [23] - [24]). Le filtre Sobel permet de rehausser les contours mais entraîne un bruitage important. Le filtre Prewitt introduit un flou. L'application de ce filtre s'est faite sur l'image 752 et sur la bande panchromatique. L'extraction des éléments structuraux a été faite grâce à l'application des filtres directionnels sur les bandes ETM+ (voir Figure 5a). Ainsi, différents filtres directionnels ont été appliqués (N00° ; N45° ; N80° ; N120° ;...).

Tableau 1. Matrice des filtres Sobel

1	1	1	2	1	1	1	-1	-1	-1	0	1	1	1
1	1	2	3	2	1	1	-1	-1	-2	0	2	1	1
1	2	3	4	3	2	1	-1	-2	-3	0	3	2	1
0	0	0	0	0	0	0	-2	-3	-4	0	4	3	2
-1	-2	-3	-4	-3	-2	-1	-1	-2	-3	0	3	2	1
-1	-1	-2	-3	-2	-1	-1	-1	-1	-2	0	2	1	1
-1	-1	-1	-2	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0	1	1	1
Filtre SOBEL de direction N-S							Filtre SOBEL de direction E-O						
0	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	0
-1	0	2	2	2	3	1	1	3	2	2	2	0	-1
-1	-2	0	3	4	2	1	1	2	4	3	0	-2	-1
-1	-2	-3	0	3	2	1	1	2	3	0	-3	-2	-1
-1	-2	-4	-3	0	2	1	1	2	0	-3	-4	-2	-1
-1	-3	-2	-2	-2	0	1	1	0	-2	-2	-2	-3	-1
-2	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	-1	-1	-1	-1	-1	-2
Filtre SOBEL de direction NE-SO							Filtre SOBEL de direction NO-SE						

Tableau 2. Matrice des filtres Yesou et Prewitt

1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
-1	-2	-3	-7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
-1	-2	-3	-3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
-1	-2	-2	-2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Filtre PREWITT							Filtre YESOU						

Une carte de linéaments est obtenue à la suite d'analyse assistée et manuelle d'images résultantes de ces différentes opérations de traitements.

Les résultats de l'analyse analogique et ceux obtenus de l'analyse numérique sont scannés et numérisés puis combinés pour obtenir une carte téléalalytique préliminaire. Cette carte sera, par la suite, corrigée pour, enfin, obtenir une carte téléalalytique définitive de notre zone d'étude (Figure 5b).

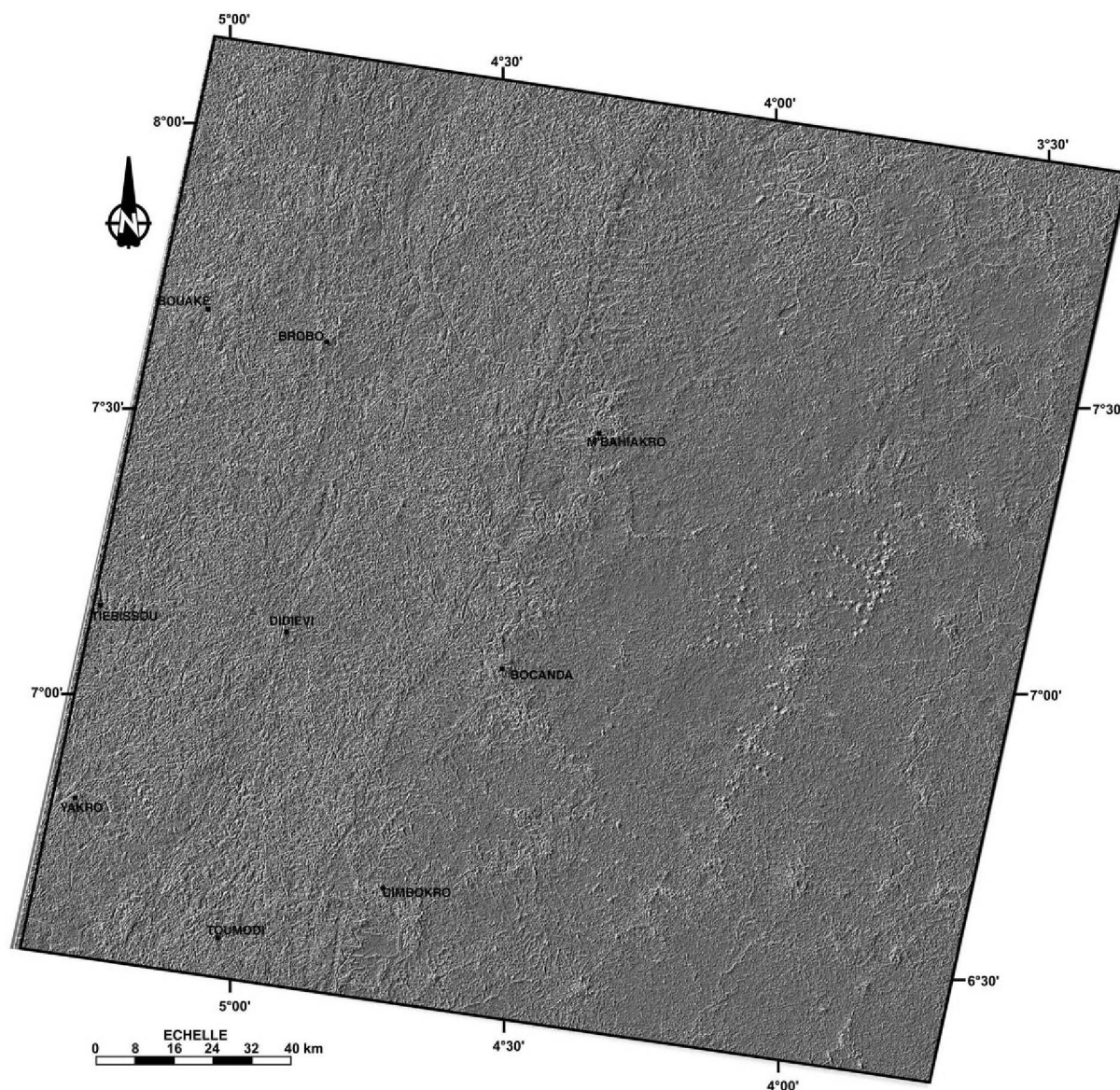


Fig. 5a. Exemple d'image obtenue après l'application du filtre Prewitt sur la bande 7

2.3 VALIDATION DES DONNEES DE LA CARTE TELEANALYTIQUE PRELIMINAIRE

La phase de contrôle et de validation des accidents géologiques extraits des traitements manuel et numérique des images ETM+ a été indispensable pour juger de la pertinence de la méthode utilisée et des résultats obtenus. Les données issues des cartes géologiques sont comparées aux structures linéaires extraites des images satellitaires afin de leur donner une signification structurale ([25], [26] - [27]). Lorsque l'origine anthropique d'une structure linéaire a été prouvée (routes, pistes, limites de forêts ou de surfaces cultivées, lignes de haute tension, etc.), elle est alors supprimée. Ainsi, celles restantes doivent vraisemblablement correspondre à de la fracturation ([27], [28], [29], [30] - [31]).

Après ceci, nous comparons aussi ces données avec les documents disponibles, notamment les cartes géologiques préexistantes. La carte téléanalytique obtenue sera alors complétée par les observations de terrain et confrontée aux données cartographiques existantes afin de connaître la nature géologique des objets observés, les structures géologiques à l'affleurement et leur chronologie relative.

La carte détaillée des réseaux de fractures obtenue dans le cadre de cette étude n'est certes pas exhaustive mais est représentative de la fracturation de la région du Centre-Est de la Côte d'Ivoire.

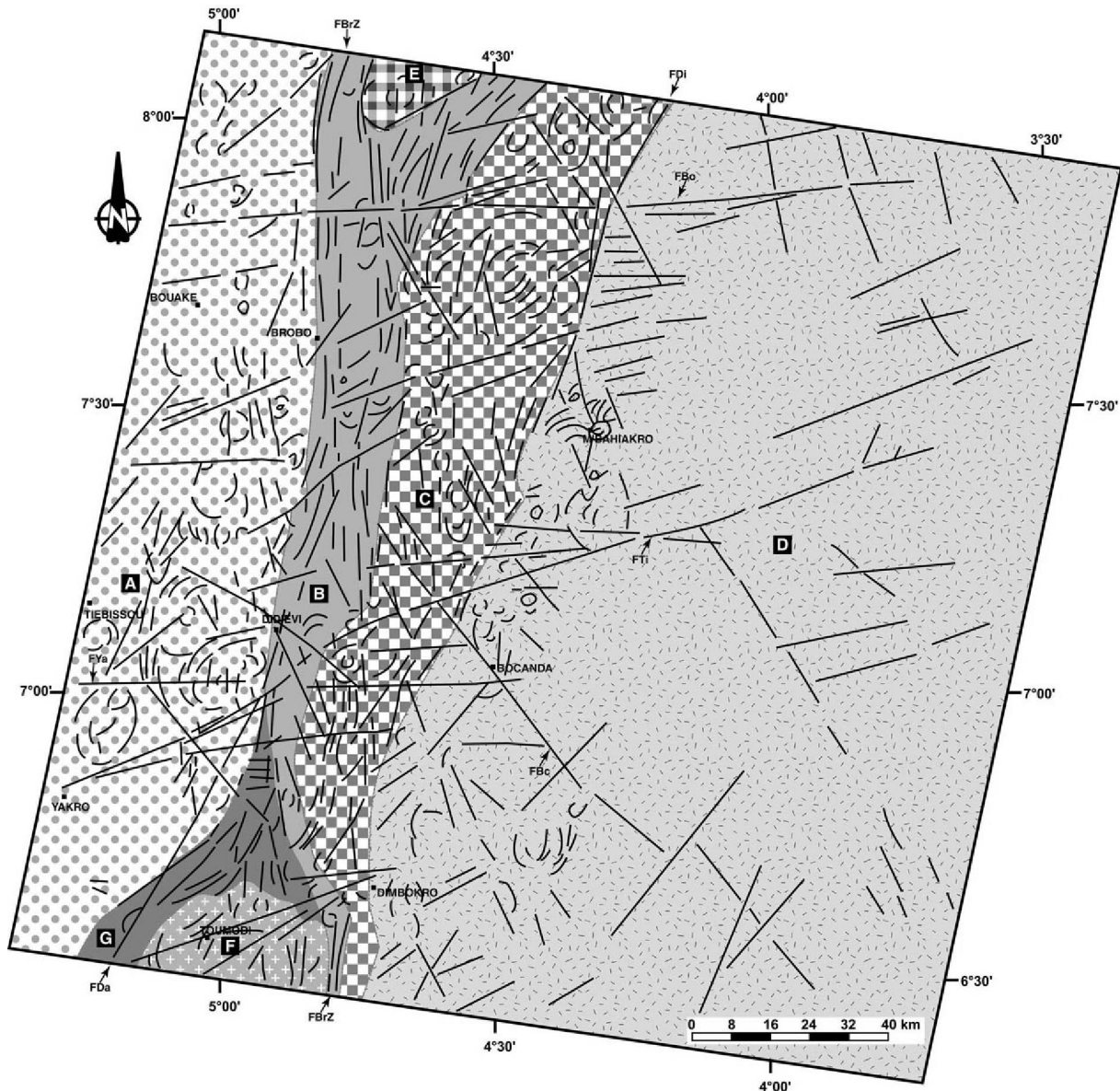


Fig. 5b. Extraction des linéaments et des grands ensembles lithologiques à partir de l'image filtrée de la figure 5a. FDa = faille du Mont Dietka ; FrZ = faille de Brobo-N'Zi ; FYa = faille de Yamoussoukro ; FBc = faille de Bocanda ; FBo = faille de Bouaké ; FTi = faille de Tiébissou

3 RÉSULTATS ET DISCUSSION

3.1 RÉSULTATS

La compilation des différents traitements effectués est donnée sur la Figure 6.

3.1.1 CARTOGRAPHIE LITHOLOGIQUE

Sept zones de natures lithologiques différentes peuvent être observées. Ce sont :

1) ZONE A : correspond à l'aire granitique de Bouaké-Tiébissou-Yamoussoukro. Elle est caractérisée, sur l'image de composition colorée 752, par une mosaïque de teintes jaunâtre-verte-rouge violacée. L'on y rencontre un réseau hydrographique de type dendritique et est caractérisée par de nombreuses structures circulaires, parfois emboîtées dont le diamètre peut dépasser les 25 km (exemple : Nord de Bouaké). Sur le terrain, cette aire granitique est marquée par des granites à biotite, des granodiorites, parfois porphyroïdes et des granites à deux micas. L'application des filtres Prewitt (Figure 5a) et Sobel donne une texture rugueuse avec de nombreuses structures circulaires (Figure 6).

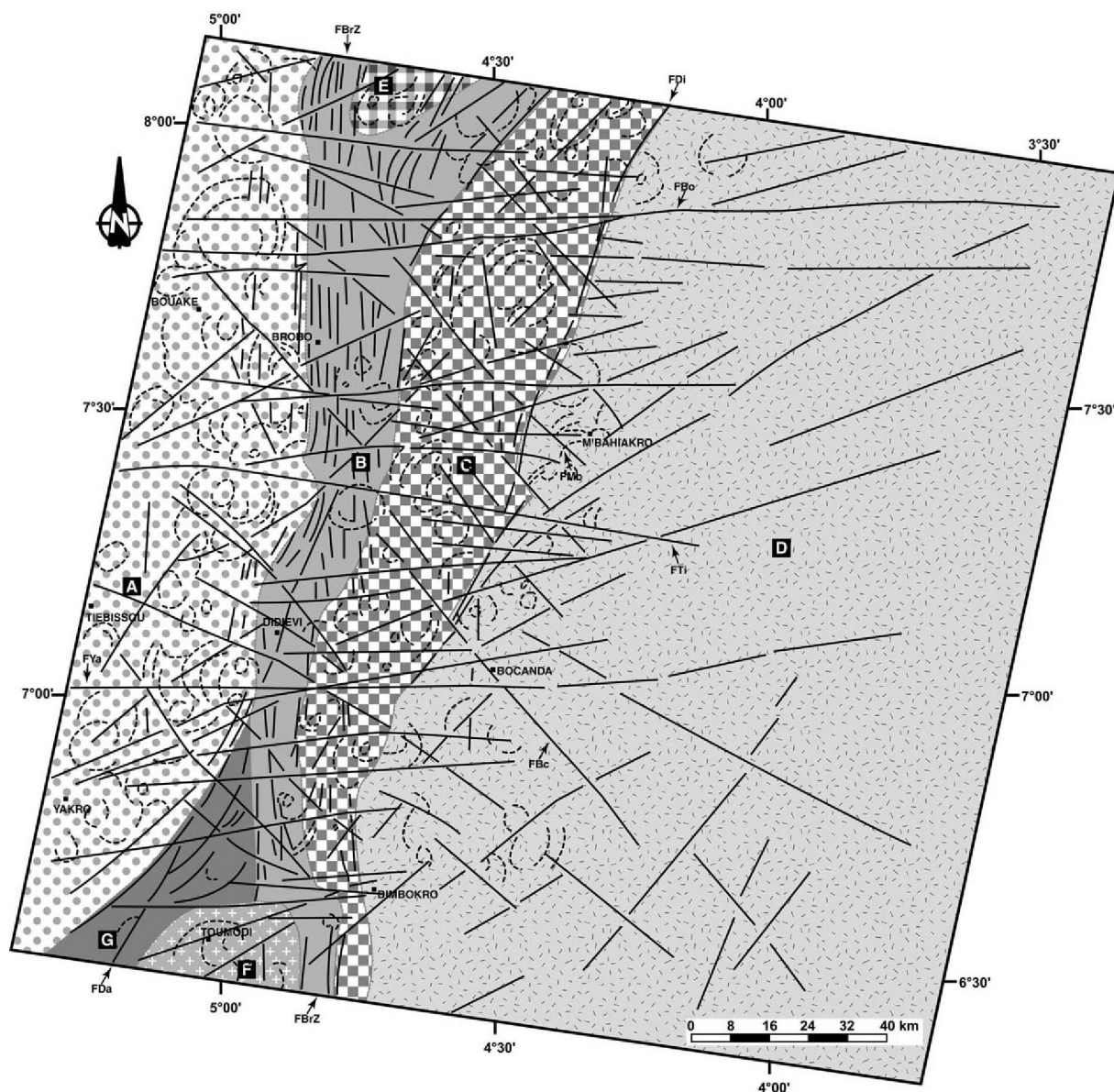


Fig. 6. Compilation des résultats obtenus après différents traitements (manuel et numérique). Carte géologique téléoanalytique finale montrant les grands ensembles lithologiques, les failles et fractures, ainsi que les structures circulaires. FDa = faille du Mont Dietka ; FrZ = faille de Brobo-N'Zi ; FYa = faille de Yamoussoukro ; FBe = faille de Bocanda ; FBo = faille de Bouaké ; FTi = faille de Tiébissou

2) ZONE B : Cette zone est une bande de largeur inférieure à 5 km à une largeur pouvant atteindre 25 km. Elle est globalement orientée Nord-Sud et part de Brobo-Nord au Sud-Est de Toumodi en passant par Didiévi. Sur l'image en composition colorée 752, cette zone est marquée par des teintes verdâtres et surtout rouge-violacées. Sur les images filtrées, la teinture obtenue est marquée par des lignes rectilignes discontinues Nord-Sud et une texture lisse. Au Nord, cette zone semble recoupée par des formations caractérisées par des structures circulaires (ZONE E) et au Sud par la granodiorite de Toumodi (ZONE F). Cette zone correspond aux cisaillements et mylonites de Brobo-N'Zi très connus dans la littérature [9]. Au Nord-Est de Brobo, les structures linéaires subméridiennes deviennent courbes dans la direction NE. Sur le terrain, nous avons pu observer des roches volcaniques (basaltes andésitiques et des microquartzites) et des roches granitiques mylonitisés (gneiss oeillés).

3) ZONE C : Cette bande d'une largeur d'environ 30 km s'étend du Nord-Ouest de M'Bahiakro jusqu'au Sud-Ouest de Dimbokro. Sur l'image en composition colorée 752, elle a les mêmes caractéristiques que la zone A. Cependant, des teintes plus sombres (bleu foncé) apparaissent au Nord-Ouest de Bocanda. Elle est également marquée par de nombreuses structures circulaires elliptiques emboîtées. Cette aire est constituée de granitoïdes (granites, granodiorites, gneiss, granites migmatitiques type Assounvoué au Sud de Toumodi).

4) ZONE D : Cette zone est située à l'Est de la zone d'étude. Elle est caractérisée sur l'image en composition colorée 752 par une dominance des teintes vertes et bleues, par une texture plus lisse avec très peu de linéaments. L'on peut y observer des structures circulaires entre Bocanda et M'Bahiakro. Sur le terrain, avant Dimbokro, l'on peut observer des micaschistes à staurotide.

5) ZONE E : formations au Nord de Brobo.

6) ZONE F : granodiorite intrusive de Toumodi.

7) ZONE G : correspond aux volcano-sédiments de Lomo-Nord/Anikro.

3.1.2 CARTOGRAPHIE STRUCTURALE

Les données structurales ont été obtenues à partir de l'interprétation (manuelle et numérique) des images et de mesures sur le terrain. Plusieurs directions de linéaments peuvent être enregistrées sur nos images interprétées : N-S ; N80° à N 90° ; N 30° à N 40° et NO-SE (figure 6). Les linéaments correspondant aux fractures N-S, localisées exclusivement dans la zone B constituent la zone mylonitique de Brobo-N'Zi. Ces fractures sont surtout marquées par des gneiss ocellés et des mylonites indiquant clairement des cisaillements ductiles senestres. Ces fractures N-S sont recoupées par des fractures de direction N 150° à N 160° senestres. L'on les retrouve sur les différentes images au Sud de Didiévi, Bocanda (FBc) et au Nord de Toumodi. Elles sont également recoupées les fractures de direction N 30° à N 40°.

Les fractures N 80° à N 90° les plus longues, semblent les plus récentes. L'on peut distinguer, par exemple, celle au Nord de Bouaké (FBo), au Nord de Tiébissou (FTi) et au Nord de Yamoussoukro (FYa). Ce sont des fractures pouvant affecter des zones larges du kilomètre. Les fractures NO-SE sont également bien marquées, notamment celle de Bocanda (FBc) et celle de M'Bahiakro (FMb). L'accident majeur de Dimbokro limitant les zones C et D est également bien marquée avec une direction variable N30° à N70°.

3.1.3 DONNEES RECUEILLIES APRES UNE CAMPAGNE DE TERRAIN

Une géotransverse a permis de recueillir des données, tant du point de vue lithologique que du point de vue structural. Les principales données obtenues ont été regroupées sur la Figure 7. Sur le terrain, plusieurs points d'observation permettent de reconnaître certaines de ces fractures et d'établir leur chronologie relative. L'ensemble des mesures effectuées est consigné sur la rosace de la figure 8. Il ressort de ces diagrammes et des observations de terrain que nous avons cinq familles de fractures majeures :

1) les fractures de direction N00° à N10°/20° qui correspondent aux fractures subméridiennes et sont toutes senestres / 2) les fractures de direction N30° à N40° senestres / 3) les fractures N80° à N95° dextres / 4) les fractures N120° à N130° senestres / 5) les fractures N150° à N160° senestres.

Chronologiquement, les fractures subméridiennes sont les plus anciennes et celles de direction Est-Ouest sont les plus récentes. Les fractures N30° à N40° sont recoupées par celles de direction N130° à N140°.

3.2 DISCUSSION

La réalisation de la carte géologique et structurale téléanalytique du Centre-Est de la Côte d'Ivoire a été rendue possible grâce à l'application, sur les images satellitales disponibles, de techniques permettant la mise en évidence des réseaux de fractures majeures.

La méthode d'extraction manuelle des linéaments est une méthode soumise à l'appréciation et à la sensibilité de l'œil humain. Cette caractéristique intrinsèque de la méthode ne permet pas une cartographie géologique structurale précise. La lisibilité de l'image constitue également un problème supplémentaire qui compromet la fiabilité de cette méthode. Par conséquent, l'application de cette méthode, même sur une image satellitale de grande résolution, ne peut permettre une interprétation exhaustive des linéaments.



Fig. 7. Quelques données lithologiques et structurales majeures du Centre-Est de la Côte d'Ivoire. A: Enclave sombre sigmoïdale et cisaillement subméridien fonctionnant en senestre (Site 2) à l'Est de Tiébissou ; B: Fracture N45° recoupée par fracture N120° dans les microquartzites (Site 3) à l'Ouest de Didiévi ; C: Gneiss oeilé affecté par des décrochements senestres N00° (Site 10) au Sud-Est de Didiévi ; D: Zone migmatitique (Site 11) ; E: Foliation microplissée dans des bandes de cisaillement N30° senestres recoupées par des fractures N150° en décrochement senestre (Site 11) entre Didiévi et Dimbokro ; F: Schistosité N25° de pendage 75°SE, au Sud de Dimbokro, recoupée par des fractures N75° de pendage 80°S et N110° (Site 15)

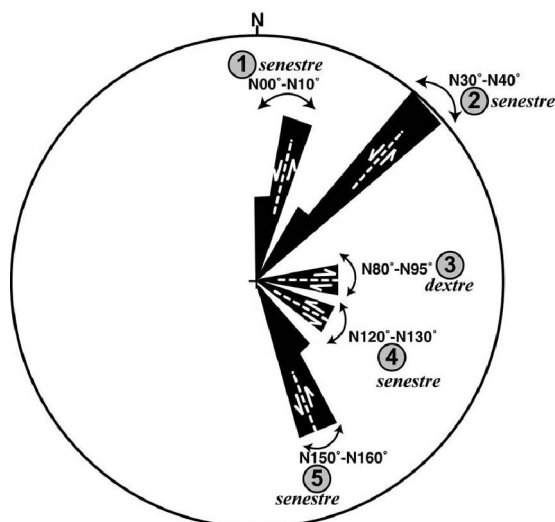


Fig. 8. Rosace des principales directions de la fracturation et leur sens de déplacement

Contrairement à cela, la méthode d'extraction numérique des linéaments et du réseau de fractures assistée par ordinateur offre non seulement une meilleure lisibilité, mais également les moyens d'observation de l'image sous plusieurs aspects à travers l'utilisation des filtres (rehaussement des structures). Ces différents atouts permettent une cartographie se rapprochant le plus possible de la réalité. L'application des techniques résultant de cette méthode (superposition des interprétations des images) peut aboutir à une carte géologique téléanalytique donnant avec une plus grande certitude, la position et les directions des fractures.

Les résultats obtenus à la suite de l'interprétation des images filtrées montrent de manière générale sept zones lithologiques majeures. Ces différentes aires caractérisées par des faciès lithologiques particuliers sont surtout identifiables à partir de l'image satellitale en composition colorée 752 et sur certaines images filtrées. L'interprétation des images issues de l'application des filtres Prewitt sur la bande panchromatique, Prewitt E-O et Sobel NO-SE montrent une concentration des structures circulaires surtout dans les zones A et C. Le filtre Prewitt sur la bande panchromatique montre surtout des linéaments de direction générale E-O et ONO-ESE, tandis que le filtre Prewitt E-O sur la bande 7 fait plus ressortir majoritairement les linéaments orientés ENE-OSO. Le filtre Sobel NO-SE sur la bande 7 met également en évidence les linéaments orientés pratiquement E-O. Les linéaments N-S sont mis en évidence par l'ensemble des filtres utilisés pour cette étude. Il est important de signifier que les plus grandes densités de linéaments sont observables sur les filtres Prewitt sur bande panchromatique et Prewitt E-O sur la bande 7. Malheureusement, l'application des filtres Yesou donne très peu de structures linéamentaires.

Après avoir extrait les routes, rails, lignes de haute tension et autres structures linéaires, certains linéaments ont été validés comme étant des fractures et failles à partir de cartes géologiques préexistantes et, d'autres, par des observations sur le terrain. Il faut noter que la zone d'étude est très fracturée, pouvant s'expliquer par la nature cristallophyllienne du socle.

Les données structurales issues des cartes géologiques préexistantes et en particulier de la carte de fracturation de la Côte d'Ivoire (Sodemi, 1994) nous renseignent sur le fait que les directions de fracturation majeures observables dans le Centre-Est sont comprises entre N00° et N30° et quelques unes N85°, N130° et N160°.

Aussi, certains auteurs ([4], [33], [34] - [35]), sont arrivés à donner les différentes directions principales majeures de fracturation que l'on observe au Centre-Est de la Côte d'Ivoire. Ce sont : N00°, N10°, N20°, N30°, N40°, N50°, N60°, N130°, N150° et N160°. Cependant, les sens des mouvements le long de ces failles ne sont pas toujours précisés.

Notre esquisse de carte géologique structurale téléanalytique permet de trouver d'autres directions majeures de fracturation non encore cartographiées. Ce sont les fractures N80° à N95° dextres, les fractures N120° à N130° senestres, les fractures N150° à N160° senestres. Cette esquisse a pu révéler des aires lithologiquement et structuralement distinctes.

La prospection minière dans le Centre-Est de la Côte d'Ivoire est une activité qui est en pleine effervescence et qui constitue un véritable atout économique pour le pays. Il s'agit, notamment, de la zone centrale constituant le sillon de Toumodi-Fettekro (trace de la faille Brobo-N'Zi et la zone de contact entre les zones C et D) où plusieurs compagnies minières sont en exploration. La nouvelle cartographie lithostructurale proposée par cette étude et la chronologie relative des différentes failles permettront à ces compagnies de mieux cibler les structures à prospector [36].

4 CONCLUSION

Pour cette étude, nous avons mis en application tous les principes qui gouvernent la réalisation d'une carte téléanalytique. Nous avons donc extrait les linéaments ainsi que le réseau hydrographique et les infrastructures à partir d'une analyse analogique complétée par des analyses numériques à l'aide de filtres. Par la suite, nous en avons déterminé les limites des ensembles lithologiques de par leur texture et leur teinte et intégré toutes ces nouvelles informations à celles déjà existantes. L'assimilation de certains linéaments à des fractures et failles a été faite sur la base de données cartographiques préexistantes et d'observations sur le terrain. Nous avons, grâce à ces différents moyens, pu obtenir une carte structurale faisant ressortir toutes les fractures majeures du Centre-Est de la Côte d'Ivoire.

Au terme de cette étude, il ressort que les directions des fractures majeures sont N00° à N10° senestres, N30° à N45° senestres, N80° à N90° dextres, N120° à N140° senestres et N150° à N160° senestres. Il faut aussi ajouter que les fractures subméridiennes sont les plus anciennes et celles de direction Est-Ouest semblent être les plus récentes.

Nous espérons que cette étude contribuera à l'étude de la cartographie lithostructurale de la région Centre-Est de la Côte d'Ivoire, aidera à redynamiser le secteur minier garant d'un meilleur rendement économique et aidera également à la prospection d'eau souterraine.

REFERENCES

- [1] N. R. Junner, "Geology of the Gold Coast and Western Togoland," *Bull. Gold Coast Geological Survey*, pp. 11-40 p, 1940.
- [2] K. A. Plumb, "New Precambrian Time scale," *Episodes*, vol. 14, n° 2, pp. 139-140, 1991.
- [3] G. Berthoumieux, B. Tagini., M. Gobert, and R. Casanova, "Carte géologique de la Côte d'Ivoire à 1/4000000," *Société pour le Développement Minier de la Côte d'Ivoire (SODEMI, Abidjan, Côte d'Ivoire)*, 1972.
- [4] B. D. Yao, "Lithostratigraphie et pétrologie des formations birimiennes de Toumodi-Fettekro (Côte-d'Ivoire): Implication pour l'évolution pour l'évolution crustale du Paléoprotéroïque du craton Ouest-Africain," *Thèse doctorat, Université d'Orléans, France*, 191 p., 1998.
- [5] B. D. Yao, "Notice explicative de la Carte géologique de la Côte d'Ivoire à 1/200000 : Feuille de M'Bahiakro," *Mémoire de la Direction des Mines et de la Géologie*, Abidjan, Côte d'Ivoire, n°2, pp. 1-2, 1990.
- [6] B. D. Yao, C. Delor, Y. Siméon, I. Diaby, G. Gadou, P. Kohou., A. Okou, S. Konaté, G. Konan, M. Vidal, A. Cocherie, A. Dommanget, J. P. Cautru, and J. C. Chiron, "Notice explicative de la Carte géologique de la Côte d'Ivoire à 1/200000, feuille de Dimbokro, NB-30-XIV," *Mémoire de la Direction des Mines et de la Géologie*, Abidjan, Côte d'Ivoire, n°6, pp. 1-2, 1995a.
- [7] B. D. Yao., C. Delor, Y. Siméon, I. Diaby, G. Gadou, P. Kohou., A. Okou, S. Konaté, G. Konan, M. Vidal, A. Cocherie, A. Dommanget, J. P. Cautru, and J. C. Chiron, "Carte géologique de la Côte-d'Ivoire 1/200000, feuille Dimbokro, NB-30-XIV," *Direction des mines et de la géologie*, Abidjan, Côte-d'Ivoire, 1995b.
- [8] S. Lemoine, "Le décrochement ductile de Brobo, un linéament éburnéen majeur, son rôle possible dans l'orogénèse éburnéenne de Côte d'Ivoire," *Compte Rendu Académie des Sciences Paris*, vol. 295, série II, pp. 601-606, 1982.
- [9] S. Lemoine, "Evolution géologique de la région de Dabakala (NE de la Côte-d'Ivoire) au Protérozoïque. Possibilités d'extension au reste de la Côte-d'Ivoire et au Burkina Faso : similitudes et différences; les linéaments de Greenville-Ferkessédougou et Grand Cess-Niakaramandougou," *Thèse ès Sciences, Univ. Cl.-Ferrand, France*, 388 p., 1988.
- [10] G. B. Koffi, "Possibilités et limites des images Radar ERS en cartographie géologique; Applications en Côte-d'Ivoire," *Thèse doc., Univ. Pierre et Marie Curie (Paris VI)*, 207 p., 1998.
- [11] J. Y. Scanvic, P. Dutartre, and C. King, "Correlations between spatial remote sensing, geochemical and geophysical data in the western France: an integrative and orientation technique for geological mapping and ore exploration," *In: Teleki P. And Weber C Eds., Remote sensing for geological mapping, IUGS*, vol. 18, pp. 57-78, 1984.
- [12] P. Guillet, J. L. Bouchez, and J. L. Vignerresse, "Le complexe granitique de Plouaret (Bretagne) : mise en évidence structurale et gravimétrique de diapirs emboîtés," *Bulletin de la Société Géologique de France*, vol. 8, n° 4, pp. 503-513, 1985.
- [13] J. Rolet, H. Yesou, and Y. Besnus, "Structures circulaires et réseaux de fractures en pays granitique. Analyse de données SPOT, Landsat TM et Seasat sur le Massif armoricain," *Bulletin de la Société Géologique de France*, vol. 164, n° 2, pp. 199-214, 1993.
- [14] G. Ouattara, "Structure du batholite de Ferkessédougou (secteur de Zuénoula, Côte-d'Ivoire) : Implications sur l'interprétation du paléoprotérozoïque d'Afrique de l'ouest à 2.1 Ga," *Thèse doctorat, Université d'Orléans, France*, 291 p., 1998.
- [15] R. Touzi, A. Lopez, and P. Bousquest, "A statistical and geometrical edge detector for SAR images," *IEEE Transactions on Geoscience, Remote Sensing*, vol. 26, n° 6, pp. 764-773, 1988.
- [16] E. Nezry, A. Lopez, and R. Touzi, "Detection of structural and textural features for SAR images filtering," *in proceeding of IGARSS 91*, pp. 2169-2172, 1991.
- [17] A. Lopez, E. Nezry, R. Touzi, and H. Laur, "Structure detection and statistical adaptive speckle filtering in SAR image," *International Journal of Remote Sensing*, vol. 14, n° 9, pp. 1735-1758, 1993.
- [18] H. Yésou, J. C. Pion, Y. Besnus, and R. Saint-Jean, "Amélioration des données SPOT pour la cartographie structurale en milieu tropical. Exemple de la région des chapeaux de fer de Pagala Togo)," *III^{èmes} Journées Scientifiques du Réseau Télédétection UREF, Toulouse*, 13-16 novembre 1990, pp. 143-164, 1993.
- [19] S. M. Himyari, C. Hoepffner, M. Benzakour, and D. E. Hadani, "Etude structurale du haut atlas oriental Maroc) à l'aide de l'analyse linéamentaire des images HRV XS) de Spot," *Revue Télédétection*, vol. 02, n° 4, pp. 243-253, 2002.
- [20] J. P. Jourda, E. V. Djagoua., K. F. Kouamé, M. B. Saley., C. Gronayes, J. J. Achy, J. Biémi, and M. Razack, "Identification et cartographie des unités lithologiques et des accidents structuraux majeurs du département de Korhogo (Nord de la Côte d'Ivoire) : Apport de l'imagerie ETM+ de Landsat," *Revue Télédétection*, vol. 6, n° 2, pp. 123-142, 2006.

- [21] M. Y. Ta, T. Lasm, J. P. Jourda, K. F. Kouamé, and M. Razack, "Cartographie des accidents géologiques par imagerie satellitaire Landsat-7 ETM+ et analyse des réseaux de fractures du socle précambrien de la région de Bondoukou (Nord-Est de la Côte d'Ivoire)," *Revue Télédétection*, vol. 8, n° 2, pp. 119-135, 2008.
- [22] S. Djemai, A. Bendaoud, H. Haddum, K. Ouzegane, and J. R. Kienast, "Apport des images Landsat 7 ETM+ pour la cartographie géologique des terrains archéens en zone aride : Exemple du terrane de l'In Ouzzal (Hoggar occidentale, Algérie)," *III^{èmes} Journées d'Animation Scientifique du réseau de Télédétection de l'AUF JAS'09, Sous le thème : «Imagerie Satellitaire Multisources : Approches Méthodologiques et Applications»*, Alger, 8-11 novembre 2009, 2009.
- [23] L. Guergour, and K. Amri, "Contribution des images Landsat 7 ETM+ à la cartographie géologique et structurale du Bassin de Tin Séririne. (Tassilis Oua N Ahaggar. Hoggar). Algérie," *III^{èmes} Journées d'Animation Scientifique du réseau de Télédétection de l'AUF JAS'09, Sous le thème : «Imagerie Satellitaire Multisources : Approches Méthodologiques et Applications»*, Alger, 8-11 novembre 2009, 2009.
- [24] K. F. Kouamé, T. Lasm, M. B. Saley, E. Tonyé, M. Bernier, and S. Wade, "Extraction linéamentaire par morphologie mathématique sur une image RSO de RadarSat-1 : application au socle Archéen de la Côte d'Ivoire," *III^{èmes} Journées d'Animation Scientifique du réseau de Télédétection de l'AUF JAS'09, Sous le thème : «Imagerie Satellitaire Multisources : Approches Méthodologiques et Applications»*, Alger, 8-11 novembre 2009, 2009.
- [25] K. F. Kouamé, "Hydrogéologie des aquifères discontinus de la région semi-montagneuse de Man-Danané Ouest de la Côte d'Ivoire). Apport des données des images satellitaires et des méthodes statistique et fractale à l'élaboration d'un système d'information hydrogéologique à référence spatiale," *Thèse de 3^{ème} cycle, Université de Cocody-Abidjan, Côte d'Ivoire*, 194 p., 1999.
- [26] K. F. Kouamé, P. Gioan, J. Biémi, and K. Affian, "Méthode de cartographie des discontinuités-images satellitaires : Exemple de la région semi-montagneuse à l'ouest de la Côte d'Ivoire," *Revue Télédétection*, vol. 8, n° 2, pp. 139-156, 1999.
- [27] T. Lasm, "Hydrogéologie des réservoirs fracturés de socle : analyses statistique et géostatistique de la fracturation et des propriétés hydrauliques. Application à la région des montagnes de Côte d'Ivoire (Domaine Archéen)," *Thèse Université de Poitiers (France)*, 274 p., 2000.
- [28] J. P. Faillat, "Aquifères fissurés en zone tropicale humide : structure, hydrodynamique et hydrochimie (Afrique de l'Ouest)," *Thèse de doctorat ès Sciences Naturelles, Université du Languedoc-Montpellier II, France*, 534 p., 1986.
- [29] T. Lasm, and M. Razack, "Lois d'échelle dans la fracturation des roches dures cristallines et dans le réseau hydrographique associé," *Compte Rendu Académie des Sciences Paris, Science de la Terre et des planètes*, vol. 333, pp. 225-232, 2001.
- [30] T. Lasm, K. F. Kouamé, N. Soro, J. P. Jourda, and J. Biémi, "Analyse géostatistique de la fracturation extraite de l'imagerie spatiale aéroportée et satellitaire. Application à la région de Man-Danané (Ouest de la Côte d'Ivoire)," *Revue Ivoirienne des Sciences et Technologie*, vol. 5, pp. 135-154, 2004.
- [31] F.K. Kouamé, M. J. Penven, and B. H. Kouadio, "Contribution des images d'Aster de Terra et d'un modèle numérique d'altitude à la cartographie morphostructurale du massif des Toura (Ouest de la Côte d'Ivoire)," *Revue Télédétection*, vol. 6, n° 2, pp. 103-121, 2006.
- [32] Sodemi, "Carte géologique des indices minéraux et accidents majeurs la Côte d'Ivoire à 1/200000," 1994.
- [33] K. H. Niamke, M.B. Saley, B. E. N'Dri, A. Ouattara, and J. Biemi, "Contribution à l'interprétation des linéaments par l'exploitation des pseudo images, de l'hydrographie en région tropicale humide : Cas du N'Zi-Comoé (Centre de la Côte d'Ivoire)," *European Journal of Scientific Research*, vol. 24, n° 1, pp. 74-93, 2008.
- [34] M. Koita, H. Jourde, D. Ruelland, K. Koffi, S. Pistre, and I. Savane, "Cartographie des accidents régionaux et identification de leur rôle dans l'hydrodynamique souterraine en zone de socle. Cas de la région de Dimbokro-Bongouanou (Côte d'Ivoire)," *Hydrological Sciences Journal*, vol. 55, n° 5, pp. 805-820, 2010.
- [35] A. Y N'Go., T. Lasm, M. Koïta, and I. Savane, "Extraction par Télédétection des réseaux de fractures majeures du socle Précambrien de la région de Dimbokro (Centre Est de la Côte d'Ivoire)," *Revue Télédétection*, vol. 9, n° 1, pp. 33-42, 2010.
- [36] G. B. Koffi, G. Ouattara, A. K. Yao, and J. P. Deroin, "Réalisation de spatio-cartes géologiques à l'aide de l'imagerie satellitaire radar ERS pour une prospection minière efficace en Afrique de l'Ouest. Application aux localités de Tortiya et Tienko en Côte d'Ivoire," *Revue Photointerprétation*, n° 2008/2, pp. 19-28, 2008.

New Weighted Gruss Type Inequalities Via (α, β) Fractional q -Integral Inequalities

Zoubir Dahmani¹ and Abdelkader Benzidane²

¹Laboratory LPAM,
 Faculty SEI, UMAB University of Mostaganem
 Algeria

²Department of Mathematics,
 Faculty SEI, UMAB University of Mostaganem
 Algeria

Copyright © 2012 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: In this paper, we use the fractional q -Integrals on a specific time scales to generate some new inequalities of Gruss type. For this paper, some classical results can be deduced as some special case.

KEYWORDS: Fractional q -calculus, Integral inequalities, Gruss inequality.

1 INTRODUCTION

In 1935, G. Gruss [1] proved the following classical integral inequality:

$$\frac{1}{b-a} \int_a^b f(x) g(x) dx - \left(\frac{1}{b-a} \int_a^b f(x) dx \right) \left(\frac{1}{b-a} \int_a^b g(x) dx \right) \leq \frac{(\Phi - \phi)(\Psi - \psi)}{4} \quad (1)$$

provided that f and g are two integrable functions on $[a, b]$ and satisfying the conditions

$$\phi \leq f(x) \leq \Phi, \psi \leq g(x) \leq \Psi; \quad \Phi, \phi, \Psi, \psi \in \mathbb{R}, x \in [a, b] \quad (2)$$

In [2], Dragomir proved that:

$$|T(f, g, p)| \leq \frac{(\Phi - \phi)(\Psi - \psi)}{4} \left(\int_a^b p(x) dx \right)^2 \quad (3)$$

where:

$$T(f, g, p) := \int_a^b p(x) dx \int_a^b p(x) f(x) g(x) dx - \left(\int_a^b p(x) f(x) dx \right) \left(\int_a^b p(x) g(x) dx \right) \quad (4)$$

and p is a positive function on $[a, b]$, and f and g are two integrable functions on $[a, b]$ satisfying (2).

In the case of fractional integrals [3], G. Anastassiou established another fractional integral inequality of Gruss type. Other papers dealing with various generalizations related to the Riemann-Liouville fractional integrals and to the q -fractional integrals have appeared in the literature. For more details, we refer the reader to ([4], [5], [6], [7]).

In this paper, we use the fractional q -integrals on time scales to establish new inequalities related to (1) and (3). Our results have some relationships with those obtained in ([5], [6]) and mentioned above. For these results, Theorem 3.1 of [4] can be deduced as a particular case.

2 NOTATIONS AND PRELIMINARIES

We give a summary of the mathematical notations and definitions used in this paper. For more details, one can consult [8]. Let $t_0 \in \mathbb{R}$. We define:

$$T_{t_0} := \{t : t = t_0 q^n, n \in \mathbb{N}\} \cup \{0\}, 0 < q < 1 \quad (5)$$

For a function $f : T_{t_0} \rightarrow \mathbb{R}$, the ∇_q -derivative of f is:

$$\nabla_q f(t) = \frac{f(qt) - f(t)}{(q-1)t} \quad (6)$$

For all $t \in T \setminus \{0\}$ and its ∇_q -integral is defined by:

$$\int_0^t f(\tau) \nabla \tau = (1-q)t \sum_{i=0}^{\infty} q^i f(tq^i) \quad (7)$$

The fundamental theorem of calculus applies to the q -derivative and q -integral. In particular, we have:

$$\nabla_q \int_0^t f(\tau) \nabla \tau = f(t) \quad (8)$$

If f is continuous at 0, then:

$$\int_0^t \nabla_q f(\tau) \nabla \tau = f(t) - f(0) \quad (9)$$

Let T_{t_1}, T_{t_2} denote two time scales. Let $f : T_{t_1} \rightarrow \mathbb{R}$ be continuous let $g : T_{t_1} \rightarrow T_{t_2}$ be q -differentiable, strictly increasing, and $g(0) = 0$. Then for $b \in T_{t_1}$, we have:

$$\int_0^b f(t) \nabla_q g(t) \nabla t = \int_0^{g(b)} (f \circ g^{-1})(s) \nabla s \quad (10)$$

The q -factorial function is defined as follows:

If n is a positive integer, then:

$$(t-s)^{(n)} = (t-s)(t-qs)(t-q^2s)\dots(t-q^{n-1}s) \quad (11)$$

If n is not a positive integer, then:

$$(t-s)^{(n)} = t^n \prod_{k=0}^{\infty} \frac{1 - (\frac{s}{t})q^k}{1 - (\frac{s}{t})q^{n+k}} \quad (12)$$

The q -derivative of the q -factorial function with respect to t is:

$$\nabla_q (t-s)^{(n)} = \frac{1-q^n}{1-q} (t-s)^{(n-1)} \quad (13)$$

And the q -derivative of the q -factorial function with respect to s is:

$$\nabla_q(t-s)^{(n)} = -\frac{1-q^n}{1-q}(t-qs)^{(n-1)} \quad (14)$$

The q -exponential function is defined as:

$$e_q(t) = \prod_{k=0}^{\infty} (1-q^k t), e_q(0) = 1 \quad (15)$$

The fractional q -integral operator of order $\alpha \geq 0$, for a function f is defined as:

$$\nabla_q^{-\alpha} f(t) = \frac{1}{\Gamma_q(\alpha)} \int_0^t (t-q\tau)^{\alpha-1} f(\tau) \nabla \tau; \quad \alpha > 0, t > 0 \quad (16)$$

Where: $\Gamma_q(\alpha) := \frac{1}{1-q} \int_0^1 \left(\frac{u}{1-q}\right)^{\alpha-1} e_q(qu) \nabla u$

3 MAIN RESULTS

Our first result is the following theorem. This result can be found in [4]. Here, we propose another method to prove it.

THEOREM 3.1: Let f and g be two integrable functions on $[0, \infty[$ satisfying the condition (2) on $[0, \infty[$ and let p be a positive function on $[0, \infty[$. Then for all $t > 0, \alpha > 0$, we have:

$$\left| \nabla_q^{-\alpha} p(t) \nabla_q^{-\alpha} p f g(t) - \nabla_q^{-\alpha} p f(t) \nabla_q^{-\alpha} p g(t) \right| \leq \left(\frac{\nabla_q^{-\alpha} p(t)}{2} \right)^2 (\Phi - \phi)(\Psi - \psi) \quad (17)$$

PROOF: Let us consider the quantity:

$$H(\tau, \rho) := (f(\tau) - f(\rho))(g(\tau) - g(\rho)); \quad \tau, \rho \in (0, t) \quad (18)$$

It is easy to see that:

$$\int_0^t \int_0^t \frac{(t-q\tau)^{\alpha-1} (t-q\rho)^{\alpha-1}}{\Gamma_q^2(\alpha)} p(\tau) p(\rho) H(\tau, \rho) \nabla \tau \nabla \rho = 2 \nabla_q^{-\alpha} p(t) \nabla_q^{-\alpha} p f g(t) - 2 \nabla_q^{-\alpha} p f(t) \nabla_q^{-\alpha} p g(t) \quad (19)$$

Thanks to the weighted Cauchy Schwartz integral inequality, we can write:

$$\begin{aligned} & \left(\int_0^t \int_0^t \frac{(t-q\tau)^{\alpha-1} (t-q\rho)^{\alpha-1}}{\Gamma_q^2(\alpha)} p(\tau) p(\rho) H(\tau, \rho) \nabla \tau \nabla \rho \right)^2 \\ & \leq \int_0^t \int_0^t \frac{(t-q\tau)^{\alpha-1} (t-q\rho)^{\alpha-1}}{\Gamma_q^2(\alpha)} p(\tau) p(\rho) (f(\tau) - f(\rho))^2 \nabla \tau \nabla \rho \quad (20) \\ & \times \int_0^t \int_0^t \frac{(t-q\tau)^{\alpha-1} (t-q\rho)^{\alpha-1}}{\Gamma_q^2(\alpha)} p(\tau) p(\rho) (g(\tau) - g(\rho))^2 \nabla \tau \nabla \rho \end{aligned}$$

Using (16) we can develop the right hand side of (20) as follows:

$$\int_0^t \int_0^t \frac{(t-q\tau)^{\alpha-1}(t-q\rho)^{\alpha-1}}{\Gamma_q^2(\alpha)} p(\tau)p(\rho)(f(\tau)-f(\rho))^2 \nabla \tau \nabla \rho = 2\nabla_q^{-\alpha} p(t) \nabla_q^{-\alpha} p f^2(t) - 2(\nabla_q^{-\alpha} p f(t))^2 \quad (21)$$

And:

$$\int_0^t \int_0^t \frac{(t-q\tau)^{\alpha-1}(t-q\rho)^{\alpha-1}}{\Gamma_q^2(\alpha)} p(\tau)p(\rho)(g(\tau)-g(\rho))^2 \nabla \tau \nabla \rho = 2\nabla_q^{-\alpha} p(t) \nabla_q^{-\alpha} p g^2(t) - 2(\nabla_q^{-\alpha} p g(t))^2 \quad (22)$$

Thanks to (19) (21) and (22) we can write (20) as follows:

$$\begin{aligned} & \left(\nabla_q^{-\alpha} p(t) \nabla_q^{-\alpha} p f g(t) - \nabla_q^{-\alpha} p f(t) \nabla_q^{-\alpha} p g(t) \right)^2 \\ & \leq \left(\nabla_q^{-\alpha} p(t) \nabla_q^{-\alpha} p f^2(t) - (\nabla_q^{-\alpha} p f(t))^2 \right) \left(\nabla_q^{-\alpha} p(t) \nabla_q^{-\alpha} p g^2(t) - (\nabla_q^{-\alpha} p g(t))^2 \right) \end{aligned} \quad (23)$$

On the other hand, we have:

$$\begin{aligned} & (\Phi p(\rho) - f(\rho)p(\rho))(p(\tau)f(\tau) - \phi p(\tau)) + (\Phi p(\tau) - f(\tau)p(\tau))(p(\rho)f(\rho) - \phi p(\rho)) \\ & - p(\tau)(\Phi - f(\tau))(f(\tau) - \phi)p(\rho) - p(\rho)(\Phi - f(\rho))(f(\rho) - \phi)p(\tau) \\ & = p(\rho)f^2(\tau)p(\tau) + p(\tau)f^2(\rho)p(\rho) - 2p(\tau)f(\tau)f(\rho)p(\rho) \end{aligned} \quad (24)$$

Which implies that:

$$\begin{aligned} & (\Phi p(\rho) - f(\rho)p(\rho))(\nabla_q^{-\alpha} p(t)f(t) - \phi \nabla_q^{-\alpha} p(t)) + (\Phi \nabla_q^{-\alpha} p(t) - \nabla_q^{-\alpha} f(t)p(t))(p(\rho)f(\rho) - \phi p(\rho)) \\ & - p(\rho) \nabla_q^{-\alpha} (p(t)(\Phi - f(t))(f(t) - \phi)) - p(\rho)(\Phi - f(\rho))(f(\rho) - \phi) \nabla_q^{-\alpha} p(t) \\ & = p(\rho) \nabla_q^{-\alpha} f^2(t)p(t) + p(\rho)f^2(\rho) \nabla_q^{-\alpha} p(t) - 2p(\rho)f(\rho) \nabla_q^{-\alpha} (f(t)p(t)) \end{aligned} \quad (25)$$

Now, multiplying both sides of (25) by $\frac{(t-q\rho)^{\alpha-1}}{\Gamma_q(\alpha)}$; $\rho \in (0, t)$ and integrating the resulting identity with respect to ρ over $(0, t)$, we have:

$$\begin{aligned} & \left(\nabla_q^{-\alpha} p(t)f(t) - \phi \nabla_q^{-\alpha} p(t) \right) \int_0^t \frac{(t-q\rho)^{\alpha-1}}{\Gamma_q(\alpha)} (\Phi p(\rho) - f(\rho)p(\rho)) \nabla \rho \\ & + \left(\Phi \nabla_q^{-\alpha} p(t) - \nabla_q^{-\alpha} f(t)p(t) \right) \int_0^t \frac{(t-q\rho)^{\alpha-1}}{\Gamma_q(\alpha)} (p(\rho)f(\rho) - \phi p(\rho)) \nabla \rho \\ & - \nabla_q^{-\alpha} \left(p(t)(\Phi - f(t))(f(t) - \phi) \right) \int_0^t \frac{(t-q\rho)^{\alpha-1}}{\Gamma_q(\alpha)} p(\rho) \nabla \rho \\ & - \nabla_q^{-\alpha} p(t) \int_0^t \frac{(t-q\rho)^{\alpha-1}}{\Gamma_q(\alpha)} p(\rho)(\Phi - f(\rho))(f(\rho) - \phi) \nabla \rho \\ & = \nabla_q^{-\alpha} p(t) \nabla_q^{-\alpha} p f^2(t) + \nabla_q^{-\alpha} p f^2(t) \nabla_q^{-\alpha} p(t) - 2\nabla_q^{-\alpha} p f(t) \nabla_q^{-\alpha} p f(t) \end{aligned} \quad (26)$$

Which gives:

$$\begin{aligned} & \nabla_q^{-\alpha} p(t) \nabla_q^{-\alpha} p f^2(t) - \left(\nabla_q^{-\alpha} p f(t) \right)^2 \\ & = \left(\Phi \nabla_q^{-\alpha} p(t) - \nabla_q^{-\alpha} p f(t) \right) \left(\nabla_q^{-\alpha} p f(t) - \phi \nabla_q^{-\alpha} p(t) \right) \\ & - \nabla_q^{-\alpha} p(t) \nabla_q^{-\alpha} \left((\Phi - f(t))(f(t) - \phi)p(t) \right) \end{aligned} \quad (27)$$

Applying (27) with $g = f$ we obtain:

$$\begin{aligned} & \nabla_q^{-\alpha} p(t) \nabla_q^{-\alpha} p g^2(t) - \left(\nabla_q^{-\alpha} p g(t) \right)^2 \\ &= \left(\Psi \nabla_q^{-\alpha} p(t) - \nabla_q^{-\alpha} p g(t) \right) \left(\nabla_q^{-\alpha} p g(t) - \psi \nabla_q^{-\alpha} p(t) \right) - \nabla_q^{-\alpha} p(t) \nabla_q^{-\alpha} \left((\Psi - g(t))(g(t) - \psi) p(t) \right) \end{aligned} \quad (28)$$

Since:

$$- \nabla_q^{-\alpha} p(t) \nabla_q^{-\alpha} \left((\Phi - f(t))(f(t) - \varphi) p(t) \right) \leq 0$$

And:

$$- \nabla_q^{-\alpha} p(t) \nabla_q^{-\alpha} \left((\Psi - g(t))(g(t) - \psi) p(t) \right) \leq 0$$

Then we have respectively:

$$\begin{aligned} & \nabla_q^{-\alpha} p(t) \nabla_q^{-\alpha} p f^2(t) - \left(\nabla_q^{-\alpha} p f(t) \right)^2 \\ & \leq \left(\Phi \nabla_q^{-\alpha} p(t) - \nabla_q^{-\alpha} p f(t) \right) \left(\nabla_q^{-\alpha} p f(t) - \phi \nabla_q^{-\alpha} p(t) \right) \end{aligned} \quad (29)$$

And:

$$\begin{aligned} & \nabla_q^{-\alpha} p(t) \nabla_q^{-\alpha} p g^2(t) - \left(\nabla_q^{-\alpha} p g(t) \right)^2 \\ & \leq \left(\Psi \nabla_q^{-\alpha} p(t) - \nabla_q^{-\alpha} p g(t) \right) \left(\nabla_q^{-\alpha} p g(t) - \psi \nabla_q^{-\alpha} p(t) \right) \end{aligned} \quad (30)$$

Now using (29) and (30) we can estimate the inequality (23) as follows:

$$\begin{aligned} & \left(\nabla_q^{-\alpha} p(t) \nabla_q^{-\alpha} p f g(t) - \nabla_q^{-\alpha} p f(t) \nabla_q^{-\alpha} p g(t) \right)^2 \\ & \leq \left(\Phi \nabla_q^{-\alpha} p(t) - \nabla_q^{-\alpha} p f(t) \right) \left(\nabla_q^{-\alpha} p f(t) - \phi \nabla_q^{-\alpha} p(t) \right) \\ & \quad \times \left(\Psi \nabla_q^{-\alpha} p(t) - \nabla_q^{-\alpha} p g(t) \right) \left(\nabla_q^{-\alpha} p g(t) - \psi \nabla_q^{-\alpha} p(t) \right) \end{aligned} \quad (31)$$

By the inequality $4rs \leq (r + s)^2$, $r, s \in \mathbb{R}$, we obtain:

$$4 \left(\Phi \nabla_q^{-\alpha} p(t) - \nabla_q^{-\alpha} p f(t) \right) \left(\nabla_q^{-\alpha} p f(t) - \phi \nabla_q^{-\alpha} p(t) \right) \leq \left((\Phi - \phi) \nabla_q^{-\alpha} p(t) \right)^2 \quad (32)$$

And:

$$4 \left(\Psi \nabla_q^{-\alpha} p(t) - \nabla_q^{-\alpha} p g(t) \right) \left(\nabla_q^{-\alpha} p g(t) - \psi \nabla_q^{-\alpha} p(t) \right) \leq \left((\Psi - \psi) \nabla_q^{-\alpha} p(t) \right)^2 \quad (33)$$

Thanks to (31) (32) and (33) we obtain (17).

Our second result is the following theorem in which we generalize Theorem 3.1 of [4].

THEOREM 3.2: Let f and g be two integrable functions on $[0, \infty[$ satisfying the condition (2) on $[0, \infty[$ and let p be a positive function on $[0, \infty[$. Then for all $t > 0, \alpha > 0, \beta > 0$, we have:

$$\begin{aligned} & \left(\nabla_q^{-\alpha} p(t) \nabla_q^{-\beta} pfg(t) + \nabla_q^{-\beta} p(t) \nabla_q^{-\alpha} pfg(t) - \nabla_q^{-\alpha} pf(t) \nabla_q^{-\beta} pg(t) - \nabla_q^{-\beta} pf(t) \nabla_q^{-\alpha} pg(t) \right)^2 \\ & \leq \left[\left(\Phi \nabla_q^{-\alpha} p(t) - \nabla_q^{-\alpha} pf(t) \right) \left(\nabla_q^{-\beta} pf(t) - \Phi \nabla_q^{-\beta} p(t) \right) \right. \\ & \quad \left. + \left(\nabla_q^{-\alpha} pf(t) - \Phi \nabla_q^{-\alpha} p(t) \right) \left(\Phi \nabla_q^{-\beta} p(t) - \nabla_q^{-\beta} pf(t) \right) \right] \\ & \times \left[\left(\Psi \nabla_q^{-\alpha} p(t) - \nabla_q^{-\alpha} pf(t) \right) \left(\nabla_q^{-\beta} pf(t) - \Psi \nabla_q^{-\beta} p(t) \right) \right. \\ & \quad \left. + \left(\nabla_q^{-\alpha} pf(t) - \Psi \nabla_q^{-\alpha} p(t) \right) \left(\Psi \nabla_q^{-\beta} p(t) - \nabla_q^{-\beta} pf(t) \right) \right] \end{aligned} \quad (34)$$

Proof: Multiplying (18) by $\frac{(t-q\tau)^{\alpha-1}(t-q\rho)^{\beta-1}}{\Gamma_q(\alpha)\Gamma_q(\beta)} p(\tau)p(\rho)$; $\tau, \rho \in (0, t)$, integrating the resulting identity with respect to τ and ρ over $(0, t)^2$, then applying the Cauchy-Schwarz inequality for double integrals, we obtain:

$$\begin{aligned} & \left(\nabla_q^{-\alpha} p(t) \nabla_q^{-\beta} pfg(t) + \nabla_q^{-\beta} p(t) \nabla_q^{-\alpha} pfg(t) - \nabla_q^{-\alpha} pf(t) \nabla_q^{-\beta} pg(t) - \nabla_q^{-\beta} pf(t) \nabla_q^{-\alpha} pg(t) \right)^2 \\ & \leq \left(\nabla_q^{-\alpha} p(t) \nabla_q^{-\beta} pf^2(t) + \nabla_q^{-\beta} p(t) \nabla_q^{-\alpha} pf^2(t) - 2 \nabla_q^{-\alpha} pf(t) \nabla_q^{-\beta} pf(t) \right) \\ & \times \left(\nabla_q^{-\alpha} p(t) \nabla_q^{-\beta} pg^2(t) + \nabla_q^{-\beta} p(t) \nabla_q^{-\alpha} pg^2(t) - 2 \nabla_q^{-\alpha} pg(t) \nabla_q^{-\beta} pg(t) \right) \end{aligned} \quad (35)$$

Multiplying both sides of (25) by $\frac{(t-q\rho)^{\beta-1}}{\Gamma_q(\beta)}$; $\rho \in (0, t)$ and integrating the resulting identity with respect to ρ from 0 to t , we have:

$$\begin{aligned} & \left(\nabla_q^{-\alpha} pf(t) - \Phi \nabla_q^{-\alpha} p(t) \right) \int_0^t \frac{(t-q\rho)^{\beta-1}}{\Gamma_q(\beta)} p(\rho) \left(\Phi - f(\rho) \right) \nabla \rho \\ & + \left(\Phi \nabla_q^{-\alpha} p(t) - \nabla_q^{-\alpha} pf(t) \right) \int_0^t \frac{(t-q\rho)^{\beta-1}}{\Gamma_q(\beta)} p(\rho) \left(f(\rho) - \Phi \right) \nabla \rho \\ & - \nabla_q^{-\alpha} \left((\Phi - f(t))(f(t) - \Phi) p(t) \right) \int_0^t \frac{(t-q\rho)^{\beta-1}}{\Gamma_q(\beta)} p(\rho) \nabla \rho \\ & - \nabla_q^{-\alpha} p(t) \int_0^t \frac{(t-q\rho)^{\beta-1}}{\Gamma_q(\beta)} p(\rho) \left(\Phi - f(\rho) \right) \left(f(\rho) - \Phi \right) \nabla \rho \\ & = \nabla_q^{-\beta} p(t) \nabla_q^{-\alpha} pf^2(t) + \nabla_q^{-\alpha} pf^2(t) \nabla_q^{-\beta} p(t) - 2 \nabla_q^{-\alpha} pf(t) \nabla_q^{-\beta} pf(t) \end{aligned} \quad (36)$$

Therefore,

$$\begin{aligned}
 & \nabla_q^{-\alpha} p(t) \nabla_q^{-\beta} p f^2(t) + \nabla_q^{-\beta} p(t) \nabla_q^{-\alpha} p f^2(t) - 2 \nabla_q^{-\alpha} p f(t) \nabla_q^{-\beta} p f(t) \\
 &= \left(\Phi \nabla_q^{-\beta} p(t) - \nabla_q^{-\beta} p f(t) \right) \left(\nabla_q^{-\alpha} p f(t) - \Phi \nabla_q^{-\alpha} p(t) \right) \\
 &+ \left(\Phi \nabla_q^{-\alpha} p(t) - \nabla_q^{-\alpha} p f(t) \right) \left(\nabla_q^{-\beta} p f(t) - \Phi \nabla_q^{-\beta} p(t) \right) \\
 &- \nabla_q^{-\beta} p(t) \nabla_q^{-\alpha} \left((\Phi - f(t))(f(t) - \Phi) p(t) \right) - \nabla_q^{-\alpha} p(t) \nabla_q^{-\beta} \left((\Phi - f(t))(f(t) - \Phi) p(t) \right)
 \end{aligned} \tag{37}$$

Applying (37) with $g = f$ we obtain:

$$\begin{aligned}
 & \nabla_q^{-\alpha} p(t) \nabla_q^{-\beta} p g^2(t) + \nabla_q^{-\beta} p(t) \nabla_q^{-\alpha} p g^2(t) - 2 \nabla_q^{-\alpha} p g(t) \nabla_q^{-\beta} p g(t) \\
 &= \left(\Psi \nabla_q^{-\beta} p(t) - \nabla_q^{-\beta} p g(t) \right) \left(\nabla_q^{-\alpha} p g(t) - \Psi \nabla_q^{-\alpha} p(t) \right) \\
 &+ \left(\Psi \nabla_q^{-\alpha} p(t) - \nabla_q^{-\alpha} p g(t) \right) \left(\nabla_q^{-\beta} p g(t) - \Psi \nabla_q^{-\beta} p(t) \right) \\
 &- \nabla_q^{-\beta} p(t) \nabla_q^{-\alpha} \left((\Psi - g(t))(g(t) - \Psi) p(t) \right) - \nabla_q^{-\alpha} p(t) \nabla_q^{-\beta} \left((\Psi - g(t))(g(t) - \Psi) p(t) \right)
 \end{aligned} \tag{38}$$

Since $(\Phi - f(x))(f(x) - \Phi) \geq 0$ and $(\Psi - g(x))(g(x) - \Psi) \geq 0$, then can write:

$$- \nabla_q^{-\alpha} p(t) \nabla_q^{-\beta} \left((\Phi - f(t))(f(t) - \Phi) p(t) \right) - \nabla_q^{-\beta} p(t) \nabla_q^{-\alpha} \left((\Phi - f(t))(f(t) - \Phi) p(t) \right) \leq 0 \tag{39}$$

And:

$$- \nabla_q^{-\alpha} p(t) \nabla_q^{-\beta} \left((\Psi - g(t))(g(t) - \Psi) p(t) \right) - \nabla_q^{-\beta} p(t) \nabla_q^{-\alpha} \left((\Psi - g(t))(g(t) - \Psi) p(t) \right) \leq 0 \tag{40}$$

Consequently,

$$\begin{aligned}
 & \nabla_q^{-\alpha} p(t) \nabla_q^{-\beta} p f^2(t) + \nabla_q^{-\beta} p(t) \nabla_q^{-\alpha} p f^2(t) - 2 \nabla_q^{-\alpha} p f(t) \nabla_q^{-\beta} p f(t) \\
 &\leq \left(\Phi \nabla_q^{-\beta} p(t) - \nabla_q^{-\beta} p f(t) \right) \left(\nabla_q^{-\alpha} p f(t) - \Phi \nabla_q^{-\alpha} p(t) \right) \\
 &+ \left(\Phi \nabla_q^{-\alpha} p(t) - \nabla_q^{-\alpha} p f(t) \right) \left(\nabla_q^{-\beta} p f(t) - \Phi \nabla_q^{-\beta} p(t) \right)
 \end{aligned} \tag{41}$$

And:

$$\begin{aligned}
 & \nabla_q^{-\alpha} p(t) \nabla_q^{-\beta} p g^2(t) + \nabla_q^{-\beta} p(t) \nabla_q^{-\alpha} p g^2(t) - 2 \nabla_q^{-\alpha} p g(t) \nabla_q^{-\beta} p g(t) \\
 &\leq \left(\Psi \nabla_q^{-\beta} p(t) - \nabla_q^{-\beta} p g(t) \right) \left(\nabla_q^{-\alpha} p g(t) - \Psi \nabla_q^{-\alpha} p(t) \right) \\
 &+ \left(\Psi \nabla_q^{-\alpha} p(t) - \nabla_q^{-\alpha} p g(t) \right) \left(\nabla_q^{-\beta} p g(t) - \Psi \nabla_q^{-\beta} p(t) \right)
 \end{aligned} \tag{42}$$

Thanks to (41) (42) and (35), we obtain (34).

REMARK:

1. Applying Theorem 3.2 for $\alpha = \beta$ we obtain Theorem 3.1
2. Applying Theorem 3.2 for $\alpha = \beta$ we obtain Theorem 3.1 of [4] on $[0, t], t > 0$.

REFERENCES

- [1] D.S. Mitrinovic, J.E. Pecaric, and A.M. Fink, "Classical and new inequalities in Analysis," *Kluwer Academic Publishers*, Dordrecht, 1993.
- [2] S.S. Dragomir, "Some integral inequalities of Gruss type," *Indian Journal of Pure and Applied Mathematics*, vol. 31, no. 4, pp. 397-415, 2002.
- [3] G. Anastassiou, M.R. Hooshmandasl, A. Ghasemi, and F. Moftakharzadeh, "Montgomery identities for fractional integrals and related fractional inequalities," *Journal of Inequalities in Pure and Applied Mathematics*, vol. 10, no. 4, Article 97, 2009.
- [4] Martin Bohner, Thomas Matthews, and Adnan Tuna, "Diamond-alpha Grss type inequalities on time scales," *International Journal of Dynamical Systems and Differential Equations*, vol. 3, no. 1/2, pp. 234-247, 2011.
- [5] Z. Dahmani, L. Tabharit, and S. Taf, "New generalisation of Gruss inequalities Using Riemann-Liouville fractional integrals," *Bulletin of Mathematical Analysis and Applications*, vol. 2, no. 3, pp. 93-99, 2010.
- [6] Z. Dahmani and L. Tabharit, "On weighted inequalities Gruss type inequalities via fractional integrals," *J. Advanc. Research Sci. Comput.*, vol. 2, no. 1, pp. 40-45, 2010.
- [7] M.Z. Sarikaya, N. Aktan, and H. Yildirim, "On weighted Chebyshev-Gruss like inequalities on time scales," *J. Math. Inequal.*, vol 2, no. 2, pp. 185-195, 2008.
- [8] F.M. Atici and P. W. Eloe, "Fractional q-calculus on a time scale," *Journal of Nonlinear Mathematical Physics*, vol. 14, no. 3, pp. 341-352, 2007.

Cooperative Spectrum Sensing over Fading Channel in Cognitive Radio

Mohammad Alamgir Hossain¹, Md. Shamim Hossain², and Md. Ibrahim Abdullah³

¹B.sc (Hons) & M.sc in CSE, Islamic University,
Bangladesh

²Lecturer, Dept. of CSE, Islamic University,
Bangladesh

³Associate Professor, Dept. of CSE, Islamic University,
Bangladesh

Copyright © 2012 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: Spectrum sensing is the key component of cognitive radio technology. Spectrum sensing is a tough task because of shadowing, fading, and time-varying nature of wireless channels. However, detection is compromised when a user experiences shadowing or fading effects. In such cases, user cannot distinguish between an unused band and a deep fade. Thus, cooperative spectrum sensing is proposed to optimize the sensing performance. We focus performance of cooperative spectrum sensing over Rayleigh and Nakagami fading channel with comparable non-fading AWGN channel in cognitive radio. This paper presents a simulation comparison of these fading channels based on fusion rule OR-rule, AND-rule and MAJORITY-rule. We observe that spectrum sensing is harder in presence of Rayleigh and Nakagami fading and performance of energy detection degrades more in Nakagami channels than Rayleigh channel and non-fading AWGN channel.

KEYWORDS: cognitive radio, fusion rules, cooperative spectrum sensing, fading channels, energy detection.

1 INTRODUCTION

Cognitive radio (CR) technique has been proposed to solve the conflicts between spectrum scarcity and spectrum under-utilization [1]. It allows the CR users to share the spectrum with primary users (PU) by opportunistic accessing. The CR can use the spectrum only when it does not cause interference to the primary users. Therefore, spectrum sensing is a critical issue of cognitive radio technology since it needs to detect the presence of primary users accurately and swiftly. Existing spectrum sensing techniques can be divided into three types [2]: energy detection, matched filter detection and cyclostationary detection. Among them, energy detection has been widely applied since it does not require any a priori knowledge of primary signals and has much lower complexity than the other two schemes. The radio channel is characterized by two types of fading effects: large scale fading and small scale fading [3], [4]. Small scale fading models include the well-known Rayleigh, Rice, and Nakagami-m [5]-[6] distributions. For large scale fading conditions, it is widely accepted that the probability density function (PDF) of the fading envelopes can be modeled by the well-known Log-normal distribution [7], [8]. Due to the several multipath fading, a cognitive radio may fail to notice the presence of the PU and then will access the licensed channel and cause interference to the PU. To combat these impacts, cooperative spectrum sensing schemes have been proposed to obtain the spatial diversity in multiuser CR networks [9-11]. The performance of cooperative spectrum sensing in Cognitive Radio over fading channel has been evaluated in [13-16]. However, the existed works only examined the additive white Gaussian noise (AWGN) channel and the Rayleigh fading channel. In this paper, we study cooperative spectrum sensing over Rayleigh and Nakagami fading channel and comparable with non-fading AWGN channel in cognitive radio.

The rest of this paper is organized as follows. In Section II, the system model is introduced. In Section III, detection and false alarm probabilities of non-fading AWGN and fading channel such as Rayleigh and Nakagami are described. Cooperative spectrum sensing in fading channels is derived in Section IV. The simulation result and discussion are presented in section V. Finally, we draw our conclusions in Section VI.

2 SYSTEM MODEL

We assume that energy detection [17] is applied at each CR user (fig.1). The energy detector consists of a square law device followed by a finite time integrator. The output of the integrator at any time is the energy of the input to the squaring device over the interval T . The noise pre-filter serves to limit the noise bandwidth; the noise at the input to the squaring device has a band-limited, flat spectral density.

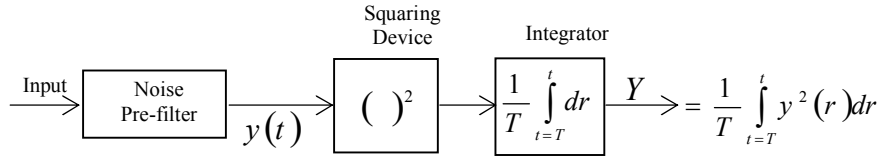


Fig. 1. Energy Detection

The local spectrum sensing is to decide between the following two hypotheses,

$$y(t) = \begin{cases} n(t) & H_0 \\ hs(t) + n(t) & H_1 \end{cases} \quad (1)$$

where $x(t)$ is the signal received by secondary user and $s(t)$ is primary user's transmitted signal, $n(t)$ is the additive white Gaussian noise (AWGN) and h is the amplitude gain of the channel. We also denote by γ the signal-to-noise ratio (SNR). The received signal is first pre-filtered by an ideal band-pass filter with transfer function [18] [19]:

$$H(f) = \begin{cases} \frac{2}{\sqrt{N_{01}}} & |f - f_c| \leq W, \\ 0 & |f - f_c| > W, \end{cases} \quad (2)$$

to limit the average noise power and normalize the noise variance. The output of this filter is then squared and integrated over a time interval T to finally produce a measure of the energy of the received waveform. The output of the integrator denoted by Y will act as the test statistic to test the two hypotheses H_0 and H_1 . According to the sampling theorem, the noise process [20] can be expressed as:

$$n(t) = \sum_{i=-\infty}^{\infty} n_i \sin c(2Wt - i) \quad (3)$$

$$\text{where } \sin c(x) = \frac{\sin(\pi x)}{\pi x} \text{ and } n_i = n\left(\frac{i}{2W}\right)$$

One can easily check that $n_i \approx N(0, N_{01}W)$, for all i . Using the fact that [20]:

$$\int_{-\infty}^{\infty} \sin c(2Wt - i) \sin c(2Wt - k) dt = \begin{cases} 1/2W, & i = k \\ 0, & i \neq k \end{cases} \quad (4)$$

We may write:

$$\int_{-\infty}^{\infty} n^2(t) dt = \frac{1}{2W} \sum_{i=-\infty}^{\infty} n_i^2 \quad (5)$$

Over the time interval $(0, T)$, $n(t)$ the noise energy can be approximated by a finite sum of $2TW$ terms as:

$$n(t) = \sum_{i=1}^{2TW} n_i \sin c(2Wt - i), \quad 0 < t < T \quad (6)$$

Similarly, the energy in a sample of duration T is approximated by $2TW$ terms of the right-hand side:

$$\int_0^T n^2(t) dt = \frac{1}{2W} \sum_{i=1}^{2u} n_i^2 \quad (7)$$

where $u=TW$. We assume that T and W are chosen to restrict u to integer values. If we define:

$$n_i' = \frac{n_i}{\sqrt{N_{01}W}} \quad (8)$$

where N_{01} = one-sided noise power spectral density. Then, the test or decision statistic Y can be written as:

$$Y = \sum_{i=1}^{2u} n_i'^2 \quad (9)$$

Y can be viewed as the sum of the squares of $2u$ standard Gaussian variates with zero mean and unit variance. Therefore, Y follows [18] a central chi-square (χ^2) distribution with $2u$ degrees of freedom. The same approach is applied when the

signal $s(t)$ is present with the replacement of each n_i by $n_i + s_i$ where $s_i = s\left(\frac{i}{2W}\right)$. The decision statistic Y in this case

will have a non-central χ^2 distribution with $2u$ degrees of freedom and a non-centrality parameter 2λ . Following the short-hand notations mentioned in the beginning of this section, we can describe the decision statistic as:

$$Y \approx \begin{cases} \chi_{2u}^2 & H_0 \\ \chi_{2u}^2(2\gamma) & H_1 \end{cases} \quad (10)$$

The probability density function (PDF) [18] of Y can then be written as:

$$f_Y(y) = \begin{cases} \frac{1}{2^u \Gamma(u)} y^{u-1} e^{-\frac{y}{2}} & H_0 \\ \frac{1}{2} \left(\frac{y}{2\gamma}\right)^{\frac{u-1}{2}} e^{-\frac{2\gamma+y}{2}} I_{u-1}(\sqrt{2\gamma y}) & H_1 \end{cases} \quad (11)$$

Where $\Gamma(\cdot)$ is the gamma function.

3 DETECTION AND FALSE ALARM PROBABILITIES

In this section, we give the average detection probability over Rayleigh and Nakagami fading channels and in closed form:

A. Non-fading environment (AWGN channel)

In non-fading environment the average probability of false alarm, the average probability of detection, and the average probability of missed detection are given, respectively, by [18]:

$$P_d = P\{Y > \lambda \mid H_1\} = Q_u(\sqrt{2\gamma}, \sqrt{\lambda}) \quad (12)$$

$$P_f = P\{Y > \lambda \mid H_0\} = \frac{\Gamma(u, \lambda/2)}{\Gamma(u)} \quad (13)$$

and:

$$P_m = 1 - P_d \quad (14)$$

where λ denotes the energy threshold. $\Gamma(\cdot)$ and $\Gamma(\cdot, \cdot)$ are complete and incomplete gamma functions respectively [25] and $Q_u(\cdot, \cdot)$ is the generalized Marcum Q-function defined as follows,

$$Q_u(a, b) = \int_0^\infty \frac{x^u}{a^{u-1}} e^{-\frac{x^2+a^2}{2}} I_{u-1}(ax) dx \quad (15)$$

where $I_{u-1}(\cdot)$ is the modified Bessel function of $(u-1)$ th order. If the signal power is unknown, we can first set the false alarm probability P_f to a specific constant. By equation (13), the detection threshold λ can be determined. Then, for the fixed number of samples $2TW$ the detection probability P_d can be evaluated by substituting the λ in (12). As expected, P_f is independent of γ since under H_0 there is no primary signal present. When h is varying due to fading, equation (12) gives the probability of detection as a function of the instantaneous SNR, γ . In this case, the average probability of detection P_d may be derived by averaging (12) over fading statistics [21],

$$P_d = \int_x Q_u(\sqrt{2\gamma}, \sqrt{\lambda}) f_\gamma(x) dx \quad (16)$$

where $f_\gamma(x)$ is the probability distribution function (PDF) of SNR under fading.

B. Rayleigh fading channels

When the composite received signal consists of a large number of plane waves, for some types of scattering environments, the received signal has a Rayleigh distribution [22]. If the signal amplitude follows a Rayleigh distribution, then the SNR γ follows an exponential PDF given by:

$$f(\gamma) = \frac{1}{\gamma} \exp\left(-\frac{\gamma}{\gamma}\right), \gamma \geq 0 \quad (17)$$

In this case, a closed-form formula for P_d may be obtained (after some manipulation) by substituting $f_\gamma(x)$ in (16),

$$\bar{P}_{dRay} = e^{-\frac{\lambda}{2}} \sum_{k=0}^{u-2} \frac{1}{k!} \left(\frac{\lambda}{2}\right)^k + \left(\frac{1+\gamma}{\gamma}\right)^{u-1} \times \left(e^{-\frac{\lambda}{2(1+\gamma)}} - e^{-\frac{\lambda}{2} \sum_{k=0}^{u-2} \frac{1}{k!} \left(\frac{\lambda}{2(1+\gamma)}\right)^k} \right) \quad (18)$$

C. Nakagami fading channel

The Nakagami distribution was introduced by Nakagami in the early 1940's to characterize rapid fading in long distance HF channels [23]. The Nakagami m-distribution is used in communication systems to characterize the statistics of signal transmitted through multipath fading channels. The Nakagami distribution is often used for the following reasons. First, the Nakagami distribution can model fading conditions that are either more or less severe than Rayleigh fading. When $m=1$, the Nakagami distribution becomes the Rayleigh distribution, when $m=1/2$, it becomes a one-sided Gaussian distribution, and when $m=\infty$ the distribution becomes an impulse (no fading). Second, the Rice distribution can be closely approximated by using the following relation between the Rice factor K and the Nakagami shape factor m [23]:

$$K = \frac{\sqrt{m^2 - m}}{m - \sqrt{m^2 - m}} \quad m > 1$$

$$m = \frac{(K+1)^2}{(2K+1)}$$

Since the Rice distribution contains a Bessel function while the Nakagami distribution does not, the Nakagami distribution often leads to convenient closed form analytical expressions that are otherwise unattainable. Using the alternative representation of Marcum-Q function given in [24, eq. (4.74), pp. 104], (1) can be written as:

$$Q_u(\sqrt{2\gamma}, \sqrt{\lambda}) = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{\gamma^n e^{-\gamma}}{n!} \sum_{k=0}^{n+u-1} \frac{e^{-\frac{\lambda}{2}}}{k!} \left(\frac{\lambda}{2}\right)^k \quad (19)$$

If the signal amplitude follows a Nakagami distribution, then the PDF of γ follows a gamma PDF given by:

$$f(\gamma) = \frac{1}{\Gamma(m)} \left(\frac{m}{\gamma}\right)^m \gamma^{m-1} \exp\left(-\frac{m\gamma}{\gamma}\right), \gamma \geq 0 \quad (20)$$

where m is the Nakagami parameter. The average P_d in the case of Nakagami channels $\bar{P}_{dNak}$ can now be obtained by averaging (12) over (20) and then using again the change of variable $x = \sqrt{2\gamma}$ yielding:

$$\bar{P}_{dNak} = \alpha \int_0^{\infty} x^{2m-1} \exp\left(-\frac{mx^2}{2\gamma}\right) Q_u(x, \sqrt{\lambda}) dx \quad (21)$$

where:

$$\alpha = \frac{1}{\Gamma(m) 2^{m-1}} \left(\frac{m}{\gamma}\right)^m \quad (22)$$

In this case, a closed-form formula of Nakagami channels can be given by:

$$\bar{P}_{dNak} = \alpha \left[G_1 + \beta \sum_{n=1}^{u-1} \frac{(\lambda/2)}{2(n!)} {}_1F\left(m; n+1; \frac{\lambda}{2} \frac{\bar{\gamma}}{m+\gamma}\right)_1 \right] \quad (23)$$

where ${}_1F_1(\cdot; \cdot; \cdot)$ is the confluent hyper geometric function [25].

$$\beta = \Gamma(m) \left(\frac{2\bar{\gamma}}{m+\gamma}\right)^m e^{-\lambda/2} \quad (24)$$

and:

$$G_1 = \int_0^{\infty} x^{2m-1} \exp\left(-\frac{mx^2}{2\gamma}\right) Q_u(x, \sqrt{\lambda}) dx \quad (25)$$

Where $Q(\cdot, \cdot) = Q(\cdot, \cdot)$ is the first-order Marcum Q-function. G_1 can be evaluated for inter m with the aid of [25, Eq.(25)]

$$G_1 = \frac{2^{m-1}(m-1)!}{\left(\frac{m}{\gamma}\right)^m} \frac{\bar{\gamma}}{m+\gamma} e^{-\frac{\lambda}{2} \frac{m}{m+\gamma}} \left[\left(1 + \frac{m}{\gamma}\right) \left(\frac{m}{m+\gamma}\right)^{m-1} \times L_{m-1}\left(-\frac{\lambda}{2} \frac{\bar{\gamma}}{m+\gamma}\right) + \sum_{n=0}^{m-2} \left(\frac{m}{m+\gamma}\right)^n L_n\left(-\frac{\lambda}{2} \frac{\bar{\gamma}}{m+\gamma}\right) \right] \quad (26)$$

where is the Laguerre polynomial of degree n [26, 8.970].

4 COOPERATIVE SPECTRUM SENSING IN FADING CHANNELS

Let N denote the number of users sensing the PU. Each CR user makes its own decision regarding whether the primary user present or not, and forwards the binary decision (1 or 0) to fusion center (FC) for data fusion. The PU is located far away from all CRs. All the CR users receive the primary signal with same local mean signal power, i.e. all CRs form a cluster with distance between any two CRs negligible compared to the distance from the PU to a CR. For simplicity we have assumed that the noise, fading statistics and average SNR are the same for each CR user. We consider that the channels between CRs and FC are ideal channels (noiseless). Assuming independent decisions, the fusion problem where k out of N CR users are needed for decision can be described by binomial distribution based on Bernoulli trials where each trial represents the decision process of each CR user. With a hard decision counting rule, the fusion center implements an n -out-of- M rule that decides on the signal present hypothesis whenever at least k out of the N CR user decisions indicate H_1 . Assuming uncorrelated decisions, the probability of detection at the fusion center [27] is given by:

$$P_d = \sum_{l=k}^N \binom{N}{l} P_{d,i}^l (1 - P_{d,i})^{N-l} \quad (27)$$

where $P_{d,i}$ is the probability of detection for each individual CR user as defined by (12) and (16).

AND-rule: In this rule, if all of the local decisions sent to the decision maker are one, the final decision made by the decision maker is one. The fusion center's decision is calculated by logic AND of the received hard decision statistics. Cooperative detection performance with this fusion rule can be evaluated by setting $k=N$ in eq. (27):

$$P_{d,AND} = P_{d,i}^N \quad (28)$$

OR-rule: In this rule, if any one of the local decisions sent to the decision maker is a logical one, the final decision made by the decision maker is one. Cooperative detection performance with this fusion rule can be evaluated by setting $k=1$ in eq. (27):

$$P_{d,OR} = 1 - (1 - P_{d,i})^N \quad (29)$$

MAJORITY-rule: In this rule, if half or more of the local decisions sent to the decision maker are the final decision made by the decision maker is one. Cooperative detection performance with this fusion rule can be evaluated by setting $k = \lfloor N/2 \rfloor$ in eq. (27):

$$P_{d,MAJ} = \sum_{l=\lfloor N/2 \rfloor}^N \binom{N}{l} P_{d,i}^l (1 - P_{d,i})^{N-l} \quad (30)$$

where $\lfloor . \rfloor$ represents the floor operator.

5 SIMULATION RESULT AND DISCUSSION

All simulation was done on MATLAB version R2011a over two different fading under Rayleigh and Nakagami channel and a non-fading channel AWGN. We described the receiver through its complementary ROC curves for different values of probability of false alarm and Cognitive Radio user.

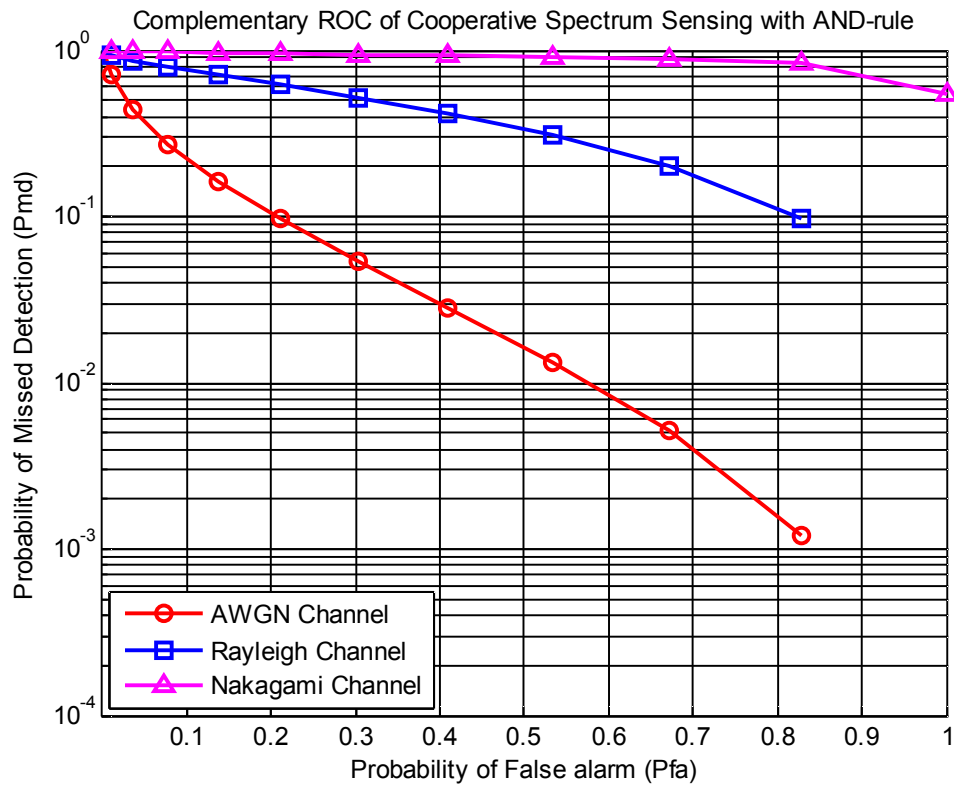


Fig. 2. Complementary ROC of AND fusion rule over fading channel ($\bar{\gamma}=10\text{dB}$, $N=4$, $u=5$ and $m=3$)

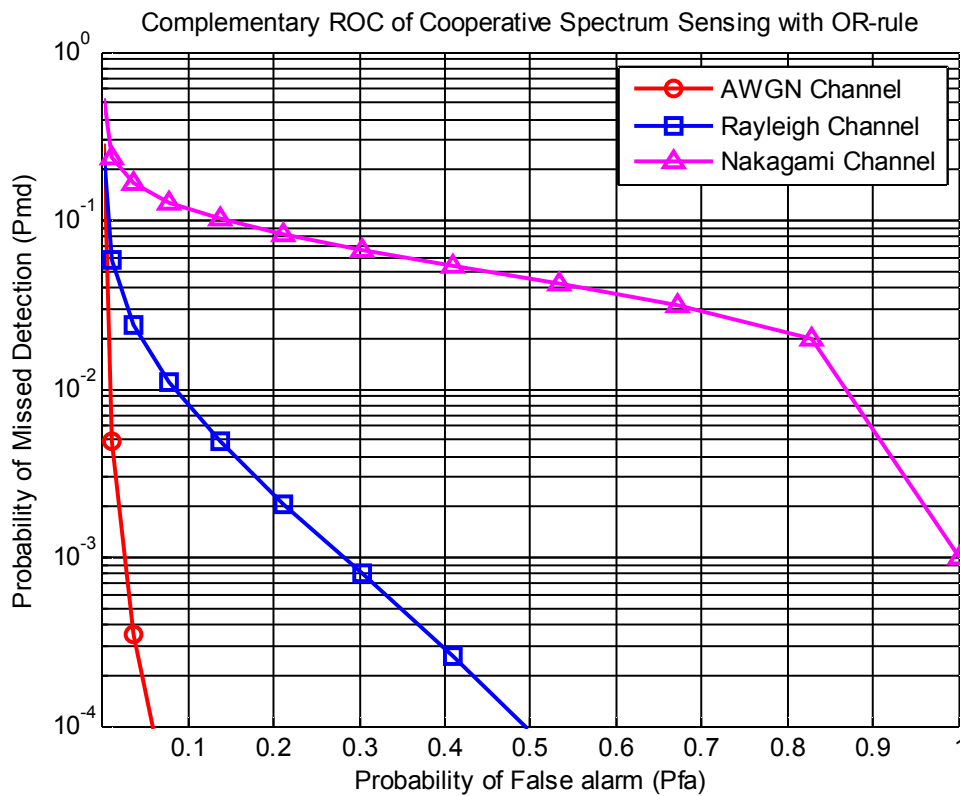


Fig. 3. Complementary ROC of OR fusion rule over fading channel ($\bar{\gamma}=10\text{dB}$, $N=4$, $u=5$ and $m=3$)

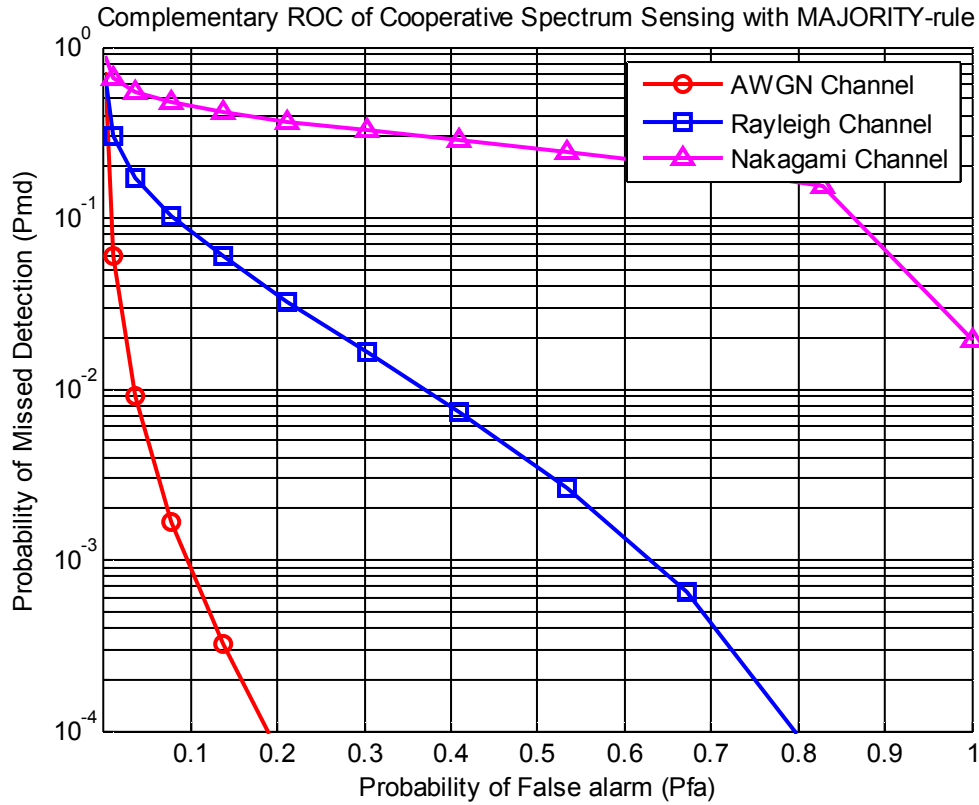


Fig. 4. Complementary ROC of MAJORITY fusion rule over fading channel ($\bar{\gamma}=10\text{dB}$, $N=4$, $u=5$ and $m=3$)

Fig. 2, 3 and 4 show complementary ROC curves of the 4 user's spectrum sensing in two different fading under Rayleigh and Nakagami fading following AND rule, OR rule and MAJORITY rule respectively. A plot for non-fading (pure AWGN) case is also provided for comparison. Average SNR and u are assumed to be 10 dB and 5 respectively. Nakagami parameter m is set to be 3. In fig.2, 3 and 4 are shown that probability of missed detection is decreased based on increasing the probability of false alarm. Spectrum sensing is verified in this simulation by taking different number of false alarm. Spectrum sensing in non-fading AWGN channel is better than fading channel. Comparing the AWGN curve with those corresponding to fading, we observe that spectrum sensing is harder in presence of Rayleigh and Nakagami fading. We also observe that the OR rule has the better performance than AND and MAJORITY rules in various channels.

6 CONCLUSION

We have studied cooperative spectrum sensing over Rayleigh and Nakagami fading channel in cognitive radio with non-fading AWGN channel. Performance of cooperative spectrum sensing over Rayleigh and Nakagami fading are presented and compared with the non-fading AWGN channel. It has been found that probability of missed detection is decreased by using different fusion rules. We observe that the OR rule has the better performance than AND and MAJORITY rule in various channels. We also observe that spectrum sensing is harder in presence of Rayleigh and Nakagami fading and performance of energy detection degrades more in Nakagami channels than Rayleigh channels.

REFERENCES

- [1] S. Haykin, "Cognitive radio: brain-empowered wireless communications," *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, vol. 23, no. 2, pp. 201-220, Feb. 2005.
- [2] D. Cabric, S. M. Mishra, and R. W. Brodersen, "Implementation issues in spectrum sensing for cognitive radios," in *Proc. Asilomar Conf. on Signals, Systems, and Computers*, Nov. 7-10, 2004, vol. 1, pp. 772-776.
- [3] B. Sklar, "Rayleigh fading channels in mobile digital communication systems, Part I: Characterization", *IEEE Communications Magazine*, 1997, vol. 35, no. 7, p. 90 - 100.
- [4] H. Suzuki, "A statistical model for urban radio propagation", *IEEE Transactions on Communications*, 1977, vol. COM-25, no. 7, p. 673 to 680.
- [5] M. K. Simon and M.-S. Alouini, Digital Communication over Fading Channels, 2nd edition. New York: Wiley, 2004.
- [6] N. C. Sagias, G. K. Karagiannidis, D. A. Zogas, P. T. Mathiopoulos, and G. S. Tombras, "Performance analysis of dual selection diversity in correlated Weibull fading channels," *IEEE Trans. Commun.*, vol. 52, no. 7, pp. 1063-1067, July 2004.
- [7] G. L. Turin, F. D. Clapp, T. L. Johnston, S. B. Fine, and D. Lavry, "A statistical model of urban multipath propagation," *IEEE Trans. Veh. Technol.*, vol. VT-21, p. 19, Feb. 1972.
- [8] F. Hansen and F. I. Meno, "Mobile fading-Rayleigh and Lognormal superimposed," *IEEE Trans. Veh. Technol.*, vol. VT-26, pp. 332-335, Nov. 1977.
- [9] G. Ganesan and Y. (G.) Li, "Cooperative spectrum sensing in cognitive radio-part I: two user networks," *IEEE Trans. Wireless Commun.*, vol. 6, no. 6, pp. 2204-2213, June 2007.
- [10] G. Ganesan and Y. (G.) Li, "Cooperative spectrum sensing in cognitive radio part II: multiuser networks," *IEEE Trans. Wireless Commun.*, vol. 6, no. 6, pp. 2214-2222, June 2007.
- [11] S. M. Mishra, A. Sahai, and R. W. Brodersen, "Cooperative sensing among cognitive radios," in *Proc. IEEE Int. Conf. on Commun.* June, 2006, vol. 4, pp. 1658-1663.
- [12] S. Nallagonda, S. Suraparaju, S. D. Roy and S. Kundu, "Performance of energy detection based spectrum sensing in fading channels", in *Proc. of IEEE International Conference on Computer and Communication Technology (ICCT'11)*, September, pp. 575-580.
- [13] S. Nallagonda, S. D. Roy and S. Kundu, "Performance of cooperative spectrum sensing with censoring of cognitive Radios in Rayleigh Fading Channel", in *Proc. of IEEE INDICON 2011*, December.
- [14] S. Nallagonda, S. D. Roy and S. Kundu, "Cooperative spectrum sensing with censoring of cognitive Radios in Rayleigh Fading Channel", accepted in *Proc. of IEEE Eighteenth National conference on Communications (NCC 2012)*, February.
- [15] S. Nallagonda, S.D Roy and S. Kundu, "Performance of Cooperative Spectrum Sensing in Log-normal Shadowing and Fading under Fusion Rules", *Int. Jour. Of Enery. Infor. And Comm.* pp. 15-28, Vol. 3, Aug. 2012.
- [16] Shahoreare, Shamim Hossain, Ibrahim Abdullah and Alamgir Hossain, "Cooperative Spectrum Sensing over Rayleigh Fading Channel in Cognitive Radio", pp. 2583- 2592, *IJECSE*, Vol.1, No.4, ISSN 2277-1956/V1N4-2583-2592.
- [17] H. Urkowitz, "Energy detection of unknown deterministic signals," *Proc. IEEE*, vol. 55, pp. 523-531, Apr. 1967.
- [18] F. F. Digham, M. -S. Alouini, and M. K. Simon, "On the energy detection of unknown signals over fading channels," in *Proc. IEEE Int. Conf. on Commun.*, May 2003, vol. 5, pp. 3575-3579.
- [19] V. I. Kostylev, "Energy detection of a signal with random amplitude," in *Proc. IEEE Int. Conf. on Commun. (ICC'02)*, New York City, New York, pp. 1606-1610, May 2002.
- [20] C.E. Shannon, "Communication in the presence of noise," *Proc. IRE*, vol. 37, pp. 1-21, January 1949.
- [21] S. H Lee, Y. H. Lee, S, "Hard Decision Combining-based Cooperative Spectrum Sensing in Cognitive Radio Systems".
- [22] G. L. Stuber, Principles of Mobile Communications, second ed. Norwell, MA: Kluwer Academic Publishers, 2002.
- [23] M. Nakagami, "The m distribution; a general formula of intensity distribution of rapid fading," *Statistical Methods in Radio Wave Propagation*, W.G. Hoffman, ed., pp. 3-36, 1960.
- [24] A. H. Nuttall, "Some integrals involving the QM-function," *Naval Underwater Systems Center (NUSC) technical report*, May 1974.
- [25] A. Ghasemi and E. S. Sousa, "Collaborative spectrum sensing for opportunistic access in fading environments," in *Proc. of 1st IEEE Symp. New Frontiers in Dynamic Spectrum Access Networks*, Baltimore, USA, Nov. 8-11, 2005, pp. 131-136.
- [26] I. S. Gradshteyn and I. M. Ryzhik, Table of Integrals, Series, and Products, 7th ed. Academic Press, 2007.
- [27] Spyros Kyperountas, Neiyer Correal, Qicai Shi and Zhuan Ye, "Performance analysis of cooperative spectrum sensing in Suzuki fading channels," in *Proc. of IEEE International Conference on Cognitive Radio Oriented Wireless Networks and Communications (CrownCom'07)*, pp. 428-432, June 2008.

AUTHORS' PROFILES



Mohammad Alamgir Hossain received his B.SC degree with honors in Computer Science and Engineering (CSE) from Islamic University (IU), Kushtia-7003, Bangladesh, in 2010 and his M.SC degree in same department, in 2012. His current research interest is in the area of OFDM, Wireless Communication and Cognitive Radio.



Md. Shamim Hossain has been received Bachelor's and Master's degree in CSE from Islamic University, Kushtia. Courrently he is a Lecturer of the Department of Computer Science and Engineering (CSE), Islamic University (IU) His areas of interest include mobile communication & Cognitive Radio.



Md. Ibrahim Abdullah has been received the Bachelor's, Master's and M.Phil degree in Applied Physics & Electronics from Rajshahi University, Rajshahi. Courrently he is an Associate Professor of the department of CSE, Islamic University, Kushtia-7003, Bangladesh. His areas of interest include Network security, Wireless Sensor Network, mobile communication & Cognitive Radio.

The impact of financial leverage sharp increase on earnings management on the accepted firms in Tehran Stock Exchange

Hosein Aryaei Nejad¹, Ahmad Abdollahi², and Niloufar Kabiri³

¹Department of Accounting,
Islamic Azad University, Kordkuy Center, Gorgan Branch,
Kordkuy, Golestan Province, Iran

²Department of Accounting,
Golestan Institute of Higher Education,
Gorgan, Golestan Province, Iran

³Department of Accounting,
Islamic Azad University, Kordkuy Center, Gorgan Branch,
Kordkuy, Golestan Province, Iran

ABSTRACT: The aim of the current study is to see the changes in the amount of benefit management regarding the firms whose liabilities increase to a large extent. The managers of these kinds of firms normally have more motivations to satisfy credit providers through profit management. But it seems that auditors and financial providers' more attention to these firms' leads to having more regular managers and decreasing profit management performance. The tested sample includes 136 firms among the accepted ones in Iran Stock Exchange considering a period of eight years from the beginning of 2000 to the end of 2007. In order to estimate the rate of profit management performance by the use of Jones adjusted model, the optional committed items were calculated. The hypotheses were tested via regression method. The results demonstrated that the increase of most liabilities causes the decrease of profit management performance. In fact, liability makes managers have less access to free cash flows in order to pay the liability and its interest; therefore, they cannot take advantage of the opportunities such as non-optimization investment, extra cost tolerance and earning waste. In other words, the more the liabilities increase, the more regular the managers perform.

KEYWORDS: Profit Management, Accounting, Financial Leverage, Free Cash Flow, Tehran Stock Exchange.

1 INTRODUCTION

From economists' viewpoints, regarding logical behaviors of individuals, it is supposed that all of the people think of their own profit to a high degree and managers are not exceptions to this rule; thus, they are eager to depict an appropriate image of enterprise financial position to stockholders and profit makers in order to maximize personal profit, social welfare and stabilizing occupational position.

Yet, it should be considered that in some cases the increase of managers' wealth is not necessarily along with the increase of wealth in other categories including shareholders. In fact, this represents a disagreement between managers' profits and other categories which take advantage in trade units; therefore, regarding paradox theory between managers and owners, the trade unit managers have sufficient motivation in order to change the profit for maximizing their own benefits.

The capital of a firm is the combination of shareholders' liabilities and salaries. Since the capital structure of most firms consists of shareholders' liabilities and salaries, financial managers are very sensitive and cautious toward getting loan and its effects.

In fact, financial leverage is a criterion to measure the application rate of firm capital structure. The managers of the firms, whose liabilities increase to a large extent, normally have more motivation in order to satisfy credit makers via profit management. On the one hand, the request of annual auditing report made by valid auditing firms, which is mainly one of the conditions of some financial resource providers, makes managers face major constraints and preventions. The fact that what effects liability increase in Iranian firms will have on the amount of profit management, has attracted researchers' attention. The present study is carried out regarding this fact.

The firms, whose liabilities increase to a large extent, attract most credit makers', bankers' and auditors' attention. Since a variety of financial statement users such as investors, who need to know the amount of profit as well as firm stability before investment, managers feel the necessity of the accuracy of these pieces of information more and the significance of this study is clarified more because they require to be aware of the firm financial situation, moreover, banks and financial resource providers need to know the firm ability to repay the loan. The main goal of the current study is to provide more reliable information about profit management in the firms whose liabilities increase to a high degree.

2 REVIEW OF THE RELATED LITERATURE

Today, profit management is considered as one of the most attractive and discussed issues in accounting. Since investors as one of the most prominent factors in decision making pay an abundant of attention to the profit figure, this research is of importance from the aspect of behavior. Moradi [1] conducted a study entitled "The Review of the Relationship between Financial Leverage and Smoothing Profit in the Accepted Firm in Tehran Stock Exchange" and concluded that there is a negative and significant relationship between financial leverage and smoothing profit.

Pourheidari and Hemmati [2] in a study entitled "The Review of the Impact of Liability Contracts, Political Costs, Prize Designing and Owning Profit Management in Tehran Stock Exchange" aimed at determining the effective factors in profit management and showed that in average, there is no positive and significant relationship between liability ratio to shareholders' salaries and profit change. This means that firm managers have no motivation to manage profits by making use of financial providing through liability.

Jelinek [3] studied this issue in the accepted firms in New York Stock Exchange in a research entitled "The Impact of the Major Increase on Profit Management". The results of this study demonstrated that the increase in most liabilities (financial leverage) leads to the decrease of opportunity taking behaviors as well as a reduction in profit management regarding the firms with a high amount of free cash flow. According to the results of this research, the liability causes managers to have less free cash flow in order to pay the liability along with its interest, thus, they are not able to invest on useless cases.

The current study aimed at reviewing the impact of the main increase in firm's financial leverage on profit management range along with an attempt to clarify the concept of profit management by applying some other studies.

3 QUESTIONS AND HYPOTHESES

Q1: How does the sharp increase of financial leverage affect profit management?

Q2: How does the sharp increase of financial leverage affect profit management regarding the firms with a high amount of free cash flow?

In order to provide responses for the posed questions, the following hypotheses have been designed:

H1: The sharp increase of financial leverage leads to less profit management.

H2: Regarding the firms with a high amount of free cash flow, the sharp increase of financial leverage leads to less profit management.

4 RESEARCH METHOD

The research methodology is inductive. It is correlational, meaning that it tries to study the relationship between the variables through regression. Regarding the methodology, it is back event (using past information) which takes the behavior of 136 firms into account. In temporary studies, the information of several firms were considered in one or many fiscal years while periodical studies consider the financial information of a special period of time consisting many years in a firm. Therefore, regarding the total data collection design, this research is correlational and temporary.

After data derivation from Tadbir Pardaz information bank, the hypotheses were tested by the use of SPSS statistical software. Having done a correlational analysis between the variables, the statistical hypothesis in simple regression model at 5% error was considered. The statistical population consisted of Tehran Stock Exchange for a period of eight years from 1380 to 2007. The research steps are as followed:

- 1) Determining sample firms regarding the expected conditions;
- 2) Estimating financial leverage for the mentioned firms, arranging them from low to high level and then dividing them into four equal categories for the initial and final years of the sample year;
- 3) Estimating the total obligation items through the reduction of cash from profit for the mentioned firms;
- 4) Estimating non-optional obligation items via Jones Modified Model during the event;
- 5) Estimating optional obligation items via the reduction of non-optional obligation items from the total obligation items;
- 6) Estimating free cash flow of the considered firms, calculating their median and dividing them into two groups regarding high amount of free cash flow (more than the median) and the firms with low amount of free cash flow (the median and lower than that);
- 7) In order to review the hypotheses, two methods named student t test and regression model were applied.

4.1.1 DEPENDENT VARIABLES

Profit Management: Generally, the existing studies about profit management are concerned with optional obligatory items that in order to calculate them; the initial point is the total obligation items which is divided into two sections called optional and non-optional. In this study, the optional obligation items are estimated applying the Modified Jones Model [4].

4.1.2 INDEPENDENT VARIABLES

The independent variables of this study are defined and measured as followed:

a) Financial Leverage:

Financial leverage is estimated via the division of the total long-term liabilities by the total long-term liabilities and the book value of shareholders' salaries.

b) Free Cash Flow:

Free cash flow consists of operational cash flow (adding pure profit to depreciation expenses of the stable tangible and intangible assets) subtracted by the capital expenditure and the divided share profit.

5 STATISTICAL TEST DESIGN OF THE HYPOTHESES

In order to test the hypotheses, two statistical methods called student T- test and regression model were used. The followings show regression models:

a) The First Hypothesis Regression Model

As stated before, on the one hand, the managers of the firms whose financial leverage has a sharp increase do profit smoothing for observing the conditions of liability contracts, drawing an appropriate image of firm performance, reducing investment risk in firms and decreasing the interest rate of the received credits. On the other hand, the increase of financial leverage encounters a severe control of loan providers including annual auditing; therefore, managers are less able to smooth profits [5].

It this research, it is supposed that the sharp increase in financial leverage should be along with the decrease of smoothing profit, thus, the first hypothesis is posed as followed:

“The sharp increase of financial leverage leads to less profit management.”

The applied regression model to review the hypothesis is:

$$DA = \alpha_0 + \alpha_1 \text{LEVINC} + \alpha_2 \Delta \text{SIZE} + e$$

If during the considered period the firm financial leverage has a sharp increase, the LEVINC variable equals 1 and if during the same period the financial has no sharp increase, the LEVINC variable equals zero.

SIZE is a control variable and is regarded as the logarithm of the total firm repossessions being considered at the end of the last fiscal year.

b) The Second Hypothesis Regression Model

Findings of the past studies demonstrate that the leverage increase caused a decrease in managers' opportunity taking behaviors associated with free cash flow. Because liability makes managers have less free cash flow in repaying it as well as its interest. Therefore, it is not simply possible to smooth profit in these firms. As such, the second hypothesis is:

“Regarding the firms with a high amount of free cash flow, the sharp increase of financial leverage causes having less profit management.”

$$DA = \beta_0 + \beta_1 \text{LEVINC} + \beta_2 \text{HIGHFCF} + \beta_3 \Delta \text{SIZE} + e$$

If the firm free cash flow is more than the median of firm free cash flow, the HIGHFCF variable equals one. If the firm free cash flow is less than or equal to the median of firm free cash flow, the HIGHFCF variable equals zero.

Data Descriptive Statistics

In order to make the hidden data more tangible and attain some general information about the sample traits, descriptive statistics is designed. In descriptive statistics, data describing indexes is divided into two categories called central index (including mean and median) and dispersion index (including variance and standard deviation). The population information is provided separately in table 1.

Table 1. Descriptive Statistics Related to Population

Variable Name	Number (Firm-Year)	Maximum	Standard Deviation	Median	Mean
Total Obligatory Items	1087	23854131	1512515	68814033	69723
Difference of Received Account Changes	1087	9662746	880340.8	36646.069	6550
Difference of Income Changes	1087	64255621	3500666	17105.69	28683.5
Long-Lived Assets after the Reduction of Collected Depreciation	1087	5342362	1474806	365753.9	66581
Free Cash Flow	1080	18546.21	688.2213	8608896	5.050

Sample Frequency Distribution Based on Financial Leverage Sharp Increase:

The following table depicts sample frequency distribution based on the conditions of the firms whose financial leverage increased to a large extent. In accordance with this, it can be mentioned that during the considered period, about 15 percent of the firms had a sharp increase in their financial leverage.

Table 2. Sample Frequency Distribution Based on the Sharp Increase of Financial Leverage

Financial Leverage Sharp Increase	Collected Percentage	Percentage	Frequency
No	85.3	85.3	927
Yes	14.7	14.7	160
Total	100.0	100.0	1087

Sample Frequency Distribution Based on the High Amount of Free Cash Flow Condition:

In order to review the second hypothesis, firm's free cash flow ought to be measured. Having gained its median, the firms which show more than this amount are considered as the ones with high amount of free cash flow and other firms with low amount of free cash flow. The following table demonstrates the sample frequency distribution based on the condition of the firms having high amount of free cash flow.

Table 3. Sample Frequency Distribution Based on the Condition of Free Cash Flow More than Median

High Amount of Free Cash Flow	Collected Percent	Existing Percentage	Frequency
No	50.1	50.1	541
Yes	49.9	49.9	539
Total	100.0	100.0	1080

Explanation of the First Hypothesis Test:

In order to create the required hypotheses, first a regression model on the total obligation items is calculated:

$$TA_{it} / A_{i,t-1} = \alpha (1 / A_{i,t-1}) + \beta (\Delta REV_{it} / A_{i,t-1}) + \gamma (PPE_{it} / A_{i,t-1}) + e_{it}$$

In this equation, α , β and γ are the coefficients of Jones Model and are gained through the least squares.

It should be mentioned that in the calculation of the model, the data of petrochemical transportation firm are considered as being useless and were put aside from the analyses. After this calculation, Jones Model coefficients are as followed:

$$\alpha = 13746.153, \beta = 0.163, \gamma = 0.197$$

Then, the amounts of the non-optional obligation items are calculated:

$$NDA_{it} = \alpha (1 / A_{i,t-1}) + \beta [(\Delta REV_{it} - \Delta REC_{it}) / A_{i,t-1}] + \gamma (PPE_{it} / A_{i,t-1})$$

Finally, the amounts of optional obligatory items, the total amounts of obligatory items and non- optional obligatory items are:

$$DA_{it} = TA_{it} / A_{i,t-1} - NDA_{it}$$

Hypothesis 1: The sharp increase of financial leverage causes less profit management.

As such, we consider this hypothesis using two various devices.

The First Method: two Sample Independent Student T- test

In order to compare the amount of optional obligation items in two categories, meaning the firms whether had the sharp increase in financial leverage or not, two sample independent student T-test was applied. The hypotheses are as followed:

$$\begin{cases} H_0 : \mu_1 = \mu_2 \\ H_1 : \mu_1 \neq \mu_2 \end{cases}$$

However, before doing this test, first the equal hypothesis of two group variance was considered by the use of Lon test. The result is shown in the table below:

Table 4. Lon Test for Equal Variance of Two Categories

P value	Test F
0.003	8.728

According to P value in this test, the equal hypothesis of two categories variances at the significant level of 0.05 was rejected. The independent two sample student T-test was applied to compare the median of optional obligation items. The result of the test is depicted in the table below:

Table 5. Independent Two Sample T-test to compare the Amounts of Optional Obligation Items in two Categories

Certainty Distance 95%		P Value	T-test	Standard Deviation	Median	Sample Volume	Financial Leverage Sharp Increase
Low	High						
0.0767	0.1886	< 0.001	4.656	0.2137	0.0709	144	Yes
				0.6638	0.2037	890	No

Regarding T and P values, it can be concluded that H0 hypothesis is rejected at the significant level of 0.05, meaning that the median of the optional obligation items of two categories are not equal at the significant level of 0.05. In accordance with the median of the amount of optional obligation items in two categories, it can be concluded that the amount of optional obligation items is more in the firms with no financial leverage sharp increase.

The Second Method: Applying Regression Model

The considered regression model is as followed:

$$DA = \alpha_0 + \alpha_1 * LEVINC + \alpha_2 * SIZE + \varepsilon$$

SIZE is a control variable and the logarithm of the firms' total repossessions of the past fiscal year are taken into account. The results of the regression model are presented in the table below.

As observed in variance analysis, P and F values confirm the significance of the total regression model (P value is less than 0.05). Also, the amounts of confirming coefficients and the adjusted confirming coefficients equal 0.017 and 0.015, respectively showing a percentage of response variable changes stated by independent variables.

Table 6. Variance Analysis between DA Response Variable and Independent Variables

P Value	F Test	Adjusted Confirming Coefficient	Confirming Coefficient
< 0.001	9.127	0.015	0.017

Now, we consider the significance of regression coefficients. The significance of fixed amount and independent variables were taken into account using t and p values. As observed in 4-7 table, p value is fixed and both independent variables are less than the significance level of 0.05 meaning that the existence of fixed amount and both independent values are necessary in regression model.

Table 7. Calculation of Regression Model Coefficients

P value	Statistic t test	α_i value	Coefficients Regressions
0.020	-2.338	-0.404	α_0
0.020	-2.330	-0.129	α_1
<0.001	3.540	0.048	α_2

Watson statistical amount equals 1/938. Regarding the fact that this figure is close to 2, it confirms non-correlational remains. VIF amount shows non-existence of linear in regression model. Histogram and normal probability chart demonstrate normalization of the remains.

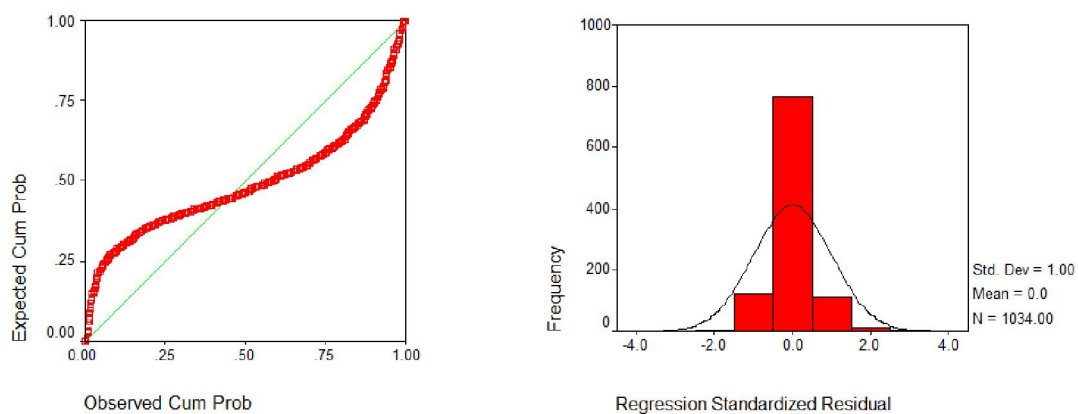


Fig. 1. Histogram and Normal Probable Charts Related to the First Hypothesis Regression

Finally, the remained standardized chart against the calculated amounts of confirms fixed remained variances.

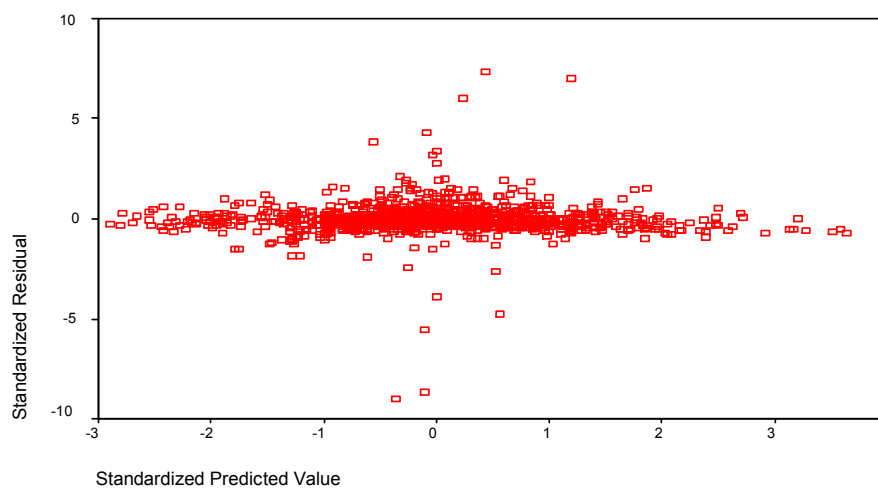


Fig. 2. Standardized Remained Charts Related to the First Hypothesis Regression

Thus, the calculated regression model to data can be written in this form:

$$DA = -0.404 - 0.129 \text{LEVINC} + 0.048 \text{SIZE}$$

Explanation of the Second Hypothesis Test

Hypothesis2: Regarding the firms with high amount of free cash flow, financial leverage sharp increase leads to less benefit management.

The First Method: Two Sample Independent Student T-test

First, the firms with high cash flow are selected, then, in order to compare the amounts of optional obligatory items meaning whether the firms have financial leverage sharp increase or not, two sample independent T-test is applied. The hypotheses are as followed:

$$\begin{cases} H_0 : \mu_1 = \mu_2 \\ H_1 : \mu_1 \neq \mu_2 \end{cases}$$

But before doing this test, first equal hypothesis and two categories variances were considered using Lon test. The result can be seen in the following table:

Table 8. Lon Test for Equal Variances in Two Categories

P Value	F Test
0.035	4.488

Considering P value of this test, the equal variances of two categories at significance level of 0.05 is rejected. Two samples independent T-test was used to compare the median of optional obligatory items in two categories. The result is demonstrated in the table below:

Table 9. Two Sample Independent T- tests to compare the Amount of Optional Obligation in Two Categories

Certainty Distance		P Value	T- test	Standard Deviation	Median	Sample Volume	Financial Leverage Sharp Increase
Low	High						
0.0251	0.2060	0.012	2.511	0.2172	0.1151	81	Yes
				0.8110	0.2307	428	No

Regarding t and p values, it can be concluded that H0 is rejected at significance level of 0.05 meaning that at this level, the median of optional obligation items are not equal in two categories. Considering the median of obligation optional items in two categories, it can be concluded that the firms with high cash flow optional obligation items are more in the firms with no financial leverage sharp increase. It means that less profit management is more severe in the firms with higher free cash flow.

The Second Method: Applying Regression Model

The considered regression model is:

$$DA = \beta_0 + \beta_1 \text{LEVINC} + \beta_2 \text{HIGHFCF} + \beta_3 \text{SIZE} + \varepsilon$$

SIZE is the control variable and logarithm is considered as the firms total repossessions at the end of the past fiscal year. The result of this regression model calculation to data is summarized in the following tables.

As observed in table 12, F and P values confirm the total significance of regression model (P value is less than 0.05). Also, the confirming coefficients amounts as well as the adjusted ones equal 0.017 and 0.014, respectively showing a percent of changes in response variable by the use of independent variables.

Table 10. Variance Analysis between DA Response Variable and Independent Variables

P Value	F Test	Adjusted Determination Coefficient	Determination Coefficient
0.001	5.924	0.014	0.017

Now, we review the significance of regression coefficients. The significance of fixed amount and independent variables are considered in the model applying T and P values. As can be observed in table 13, fixed P value and independent variables such as LEVINC and SIZE are less than significance level of 0.05. It means that the existence of fixed amount and independent variables such as LEVINC and SIZE are necessary in regression model.

Table 11. Estimating Regression Model Coefficients

P Value	T test	β_i Value	Regression Coefficients
0.034	-2.129	-0.391	β_0
0.020	-2.338	-0.131	β_1
0.952	0.061	0.003	β_2
0.002	3.133	0.047	β_3

Watson statistical value equals 1/938 which confirms no- correlational remains. VIF amounts demonstrate non- linear regression model. Histogram and normal probability chart depict remains normalizations.

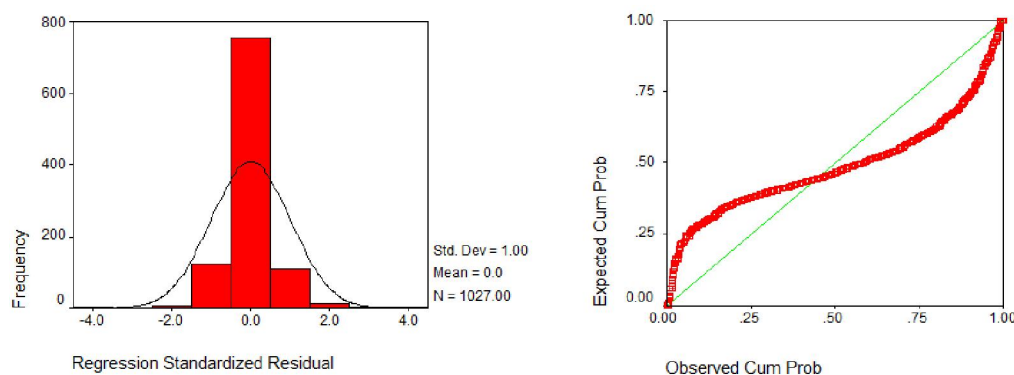


Fig. 3. Histogram and Normal Probability Charts Related to the Second Hypothesis Regression Model

Finally, the rest of the standardized charts confirm variance remains against the standard values.

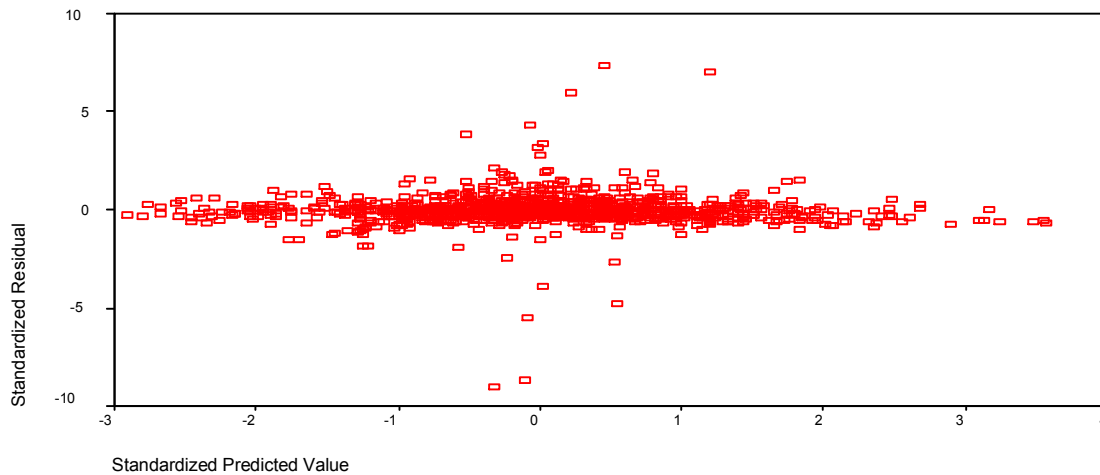


Fig. 4. *The Remained Standardized Charts Related to the Second Hypothesis Regression Model*

Thus, the regression model can be written in this form:

$$DA = -0.391 - 0.131 \text{LEVINC} + 0.047 \text{SIZE}$$

Therefore, by the use of the two mentioned methods, the hypothesis is accepted meaning that among the firms with high cash flow, financial leverage sharp increase causes more reduction of the amount of optional obligation items.

6 CONCLUSION

In the past, various researchers such as Noravesh and et al [5] and Sweeney [6] posed the issue that liabilities increase managers' motivations to smooth profits more. So the amount of profit management will be more in such firms. Based on the first hypothesis, it can be concluded that there is a significant difference between the median of optional obligation items in two categories of the firms whose financial leverage has had a sharp increase and other firms. This result falls in line with Jelink's studies. Although Sweeney came to the conclusion that leverage or liability increase motivates firms to manage profit more. He stated that having published thorough pieces of information along with annual auditing, managers are less able to smooth profits. Thus, liability increase leads to the reduction of profit management. In fact, liability makes managers have less free cash flow in order to repay the loan and its interest; therefore, they cannot have opportunity taking behaviors such as useless investments, tolerating extra costs and wasting incomes. In other words, the more the liabilities increase, the more regular the managers act. However, the second hypothesis demonstrated that leverage increase reduces opportunity taking behaviors in association with free cash flows. Thus, it is not an easy task to smooth profits in these firms. This result is in accord with Jelink and Sweeney studies.

REFERENCES

- [1] Moradi, M., "The review of the Relationship between Financial Leverage and Smoothing Profit in the Accepted Firms in Tehran Stock Exchange", *Financial Researches*, No. 24, Page 99, 2008.
- [2] Pourheidari, O., Hemmati, D., "The Review of Liabilities Contracts, Political Costs, Prize Plans and Owning Profit Management in the Accepted Firms in Tehran Stock Exchange", *Accounting and Auditing Reviews*, No. 36, pp. 47-63, 2005.
- [3] Jelinek, I., "The Effect of Leverage Increases on Earnings Management", *Journal of Business & Economic Studies*, Vol. 13, No. 2, 2007.
- [4] Dechow, P.M., R.G. Sloan, and A.P. Sweeney, "Detecting earnings management", *The Accounting Review*, Vol. 70, pp. 193-225, 1995.
- [5] Noravesh, I., Sepasi, S., Nikbakht, M., "The Review of Profit Management in the Accepted Firms of Tehran Stock Exchange", *Humanities and Social Sciences, Shiraz University*, No. 43, pp. 165-177, 2006.
- [6] Sweeny, A., "Debt Covenany violayion And Managers Accounting Responses", *Journal of Accounting and Economics*, Vol. 17, No. 3, pp. 281-308, 1994.

This manuscript is removed due to copyright infringement made by the author(s)

Radiation Effects on Convective Heat and Mass Transfer Flow in a Rectangular Cavity

A. Veera Suneela Rani¹, Dr. V. Sugunamma², and N. Sandeep¹

¹Research Scholars, Department of Mathematics,
S. V. University,
Tirupati, A.P., India

²Associate Professor, Department of Mathematics,
S. V. University,
Tirupati, A.P., India

Copyright © 2012 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: In this paper we analyze the combine influence of radiation and dissipation on the convective heat and mass transfer flow of a viscous fluid through a porous medium in a rectangular cavity using Darcy model. Making use of the incompressibility the governing non-linear coupled equations for the momentum, energy and diffusion are derived in terms of the non-dimensional stream function, temperature and concentration. The Galerkin finite element analysis with linear triangular elements is used to obtain the Global stiffness matrices for the values of stream function, temperature and concentration. These coupled matrices are solved using iterative procedure and expressions for the stream function, temperature and concentration are obtained as linear combinations of the shape functions. The behavior of temperature, concentration, Nusselt number and Sherwood number are discussed computationally for different values of the governing Parameters Ra , α , N , N_1 , Sc , S_0 and Ec .

KEYWORDS: Radiation, Heat and Mass Transfer, Porous Medium, Galerkin Finite Element Analysis.

1 INTRODUCTION

The study of heat transfer and mixed convection flow in porous medium enclosures of various shapes has received much attention [1]-[5]. Interest in these natural convection flow and heat transfer in porous medium has been motivated by a broad range of applications, including Geothermal systems, Crude oil production, storage of Nuclear waste materials, ground water pollution, fiber and granular insulations. solidification of castings, etc. In a wide range of such problems, the physical system can be modeled as a two-dimensional rectangular enclosure with vertical walls held at different temperatures and the connecting horizontal walls considered adiabatic. Convective heat transfer in a Rectangular porous duct whose vertical walls are maintained at two different temperatures and horizontal walls insulated, is a problem which has received attention by many investigators [6]-[13] some of these works includes numerical results by a few authors [5], [14]-[23].

The investigation of heat transfer in enclosures containing porous media began with the experimental work of Verschoor and Greebler [24]. Verschoor and Greebler [24] were followed by several other investigators interested in porous media heat transfer in rectangular enclosures [12]-[13], [25]-[26]. In particular Bankvall [1]-[2], [27] has published a great deal of practical work concerning heat transfer by natural convection in rectangular enclosures completely filled with porous media. Burns, Chow-and Tien [28] have described a porous medium heat transfer flow in a rectangular geometry. Cheng et. al. [16] have studied the flow and heat transfer rate in a rectangular box with solid walls using a Brinkman model the box is differentially heated in the horizontal direction. Chen et. al. [17] have considered enclosures with aspect ratio greater than or equal to one. Their numerical computations indicate that when Darcy number based on the width of the enclosures is less than 10^{-9} , Darcy's law and the Brinkman equation virtually the same results for the heat transfer rate. Joseph et. al., [19] have considered laminar forced convection in rectangular channels with unequal heat addition on adjacent sides. Teomann Ay Han

et. al., [29] have considered heat transfer and flow structure in a rectangular channel with wing-type Vortex Generator. Han-Chieh Chiu et. al., [30] have discussed mixed convection heat transfer in horizontal rectangular ducts with radiation effects. Chitti Babu et. al., [31] has discussed convective flow in a porous rectangular duct with differentially heated side wall using Brinkman model.

When heat and mass transfer occur simultaneously, it leads to complex fluid motion called double-diffusive convection. Double-diffusion occurs in a wide range of scientific fields such as oceanography, astrophysics, geology, biology and chemical processes. Ostrich [32] and Viskanta et. al., [33] reported complete reviews on the subject. Bejan [14] reported fundamental study of scale analysis relative to heat and mass transfer with in cavities submitted to horizontal combined and pure temperature and concentration gradients. Kamotain et. al., [21] have conducted experiments on mass transfer and flow pattern in shallow enclosures [$H/L = 0, 13-0.55$] filled with a fluid [$Pr = 7, Sc = 2100$] in cases where the combined buoyancy effect is dominated by the buoyancy due to concentration gradient. Other experimental studies dealing with thermo solutal convection in rectangular enclosures were reported by Ostrach et. al., [32] and Lee et. al., [34]. Lee and Hyun [34] and Hyun and Lee [35] reported numerical solutions for unsteady double-diffusive convection in a rectangular enclosure with aiding and opposing temperature and concentration gradients that were in good agreement with reported experimental results. The most recent review of this activity is the one published by Viskanta et. al., [33]. Who stress that the two requirements for the occurrence of double-diffusive convection are that the fluid contain two or more components with different molecular diffusivities and that these components make opposing contributions to the vertical density gradients. Trevisan and Bejan [36] have analyzed the natural convection caused by analytically and numerically in a rectangular enclosure with uniform heat and mass fluxes along the vertical sides. He obtained a seen linearised solution for all spaces filled with mixtures characterized by $Le = 1$ and arbitrary buoyancy ratios.

The effect of varying the Lewis number (L) is documented by a similarity solution valid for $Le > 1$ in heat transfer driven flows and for $Le < 1$ mass transfer driven flows. Mass line patterns are used to visualize the convective mass transfer rate and the flow reversal is observed when the buoyancy ratio $n = 1$. Also Trevisan et. al., [37] have studied natural convection heat and mass transfer through a vertical porous layer subjected to uniform fluxes of heat and mass from the side. The Oseen's Linearized solution that yielded the overall heat and mass transfer correlation was developed for porous medium and a buoyancy effect ruled by both temperature and concentration variations in the high Rayleigh number region where the heat and mass transfer rates differ greatly from estimates based on the assumption of pure diffusion. The similarity solution that produced the overall mass transfer was developed for different parametric domain.

Literature suggests that the effect of viscous dissipation on heat transfer as been studied for different geometries. Brinkman [38], have studied the viscous dissipation effect on natural convection in horizontal cylinder embedded in porous medium. Their study showed that the viscous dissipation effect on natural convection in a porous cavity and found that the heat transfer rate at hot surface decreases with increase of viscous dissipation parameter. Thermal radiation plays a significant role in the overall surface heat transfer where convective heat transfer is small. Verschoor et. al., [39] have studied the effect of viscous dissipation and radiation on unsteady magneto hydrodynamic free convection flow fast vertical plate in porous medium. They found that the temperature profile increases when viscous dissipation increases. A good amount of work has been done to understand natural convection in porous cavity. In spite of endeavour efforts to study heat transfer in porous cavity, the combined effect of viscous dissipation and radiation on porous medium filled inside a square cavity has not received attention. Badruddin et. al., [40] have investigated the radiation and viscous dissipation on convective heat transfer in porous cavity. Recently Padmavathi [8] Nagaradhika [41] and Sreenivas have analyzed the connective heat transfer through a porous medium in a rectangular cavity with heat sources and dissipation under varied conditions. Ranga Reddy [11] has discussed the natural convective Heat and Mass transfer in Porous Rectangular Cavity with a differentially heated side walls using Brinkman model. By using Galerkin finite element analysis, the governing equations are solved. Sivaiah et. al., [13] have investigated double-diffusive convective Heat transfer flow of a viscous fluid through a porous medium with rectangular duct with thermo-diffusion by using finite element technique. Reddaiah et. al., [42] have analyzed the effect of viscous dissipation on convective heat and mass transfer flow of a viscous fluid in a duct of rectangular cross section by employing Galerkin finite element analysis. Recently Shanthi [37] has discussed the mixed convective heat and mass transfer flow of a viscous fluid through a porous medium in a rectangular duct with Soret effect.

In this paper an attempt has been made to discuss the combine influence of radiation and dissipation on the convective heat and mass transfer flow of a viscous fluid through a porous medium in a rectangular cavity using Darcy model. Making use of the incompressibility the governing non-linear coupled equations for the momentum, energy and diffusion are derived in terms of the non-dimensional stream function, temperature and concentration. The Galerkin finite element analysis with linear triangular elements is used to obtain the Global stiffness matrices for the values of stream function, temperature and concentration. These coupled matrices are solved using iterative procedure and expressions for the stream function, temperature and concentration are obtained as a linear combinations of the shape functions. The behaviour of temperature,

concentration, Nusselt number and Sherwood number are discussed computationally for different values of the governing Parameters Ra , α , N , N_1 , Sc , S_0 and Ec .

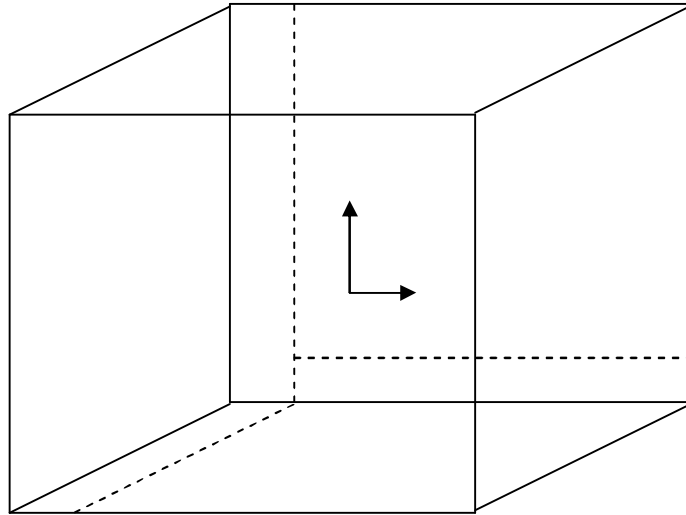


Fig. 1. Schematic diagram of the flow model

2 FORMULATION OF THE PROBLEM

We consider the mixed convective heat and mass transfer flow of a viscous incompressible fluid in a saturated porous medium confined in the rectangular duct (Fig. 1) whose base length is a and height b . The heat flux on the base and top walls is maintained constant. The Cartesian coordinate system $O(x, y)$ is chosen with origin on the central axis of the duct and its base parallel to x -axis.

We assume that

- i) The convective fluid and the porous medium are everywhere in local thermodynamic equilibrium.
- ii) There is no phase change of the fluid in the medium.
- iii) The properties of the fluid and of the porous medium are homogeneous and isotropic.
- iv) The porous medium is assumed to be closely packed so that Darcy's momentum law is adequate in the porous medium.
- v) The Boussinesq approximation is applicable.

Under these assumption the governing equations are given by:

$$\frac{\partial u'}{\partial x'} + \frac{\partial v'}{\partial y'} = 0 \quad (2.1)$$

$$u' = -\frac{k}{\mu} \left(\frac{\partial p'}{\partial x'} \right) \quad (2.2)$$

$$v' = -\frac{k}{\mu} \left(\frac{\partial p'}{\partial y'} + \rho' g \right) - \left(\frac{\sigma \mu_e^2 H_o^2 k}{\mu} \right) v' \quad (2.3)$$

$$\rho_\sigma c_p \left(u' \frac{\partial T'}{\partial x'} + v' \frac{\partial T'}{\partial y'} \right) = K_1 \left(\frac{\partial^2 T'}{\partial x'^2} + \frac{\partial^2 T'}{\partial y'^2} \right) + Q(T_0 - T) + \left(\frac{\mu}{K} \right) (u'^2 + v'^2) - \frac{\partial(q_r)}{\partial x} \quad (2.4)$$

$$\rho_\sigma c_p \left(u' \frac{\partial C}{\partial x'} + v' \frac{\partial C}{\partial y'} \right) = D_1 \left(\frac{\partial^2 C}{\partial x'^2} + \frac{\partial^2 C}{\partial y'^2} \right) + k_{11} \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x'^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y'^2} \right) \quad (2.5)$$

$$\rho' = \rho_0 \left\{ 1 - \beta(T' - T_0) - \beta^*(C' - C_0) \right\} \quad (2.6)$$

$$T_0 = \frac{T_h + T_c}{2}, C_0 = \frac{C_h + C_c}{2}$$

where u' and v' are Darcy velocities along $\theta(x, y)$ direction. T' , C , p' and g' are the temperature, Concentration, pressure and acceleration due to gravity, T_c, C_c and T_h, C_h are the temperature and Concentration on the cold and warm side walls respectively. ρ' , μ , ν , and β are the density, coefficients of viscosity, kinematic viscosity and thermal expansion of the fluid, k is the permeability of the porous medium, K_1 is the thermal conductivity, C_p is the specific heat at constant pressure, Q is the strength of the heat source, k_{11} is the cross diffusivity, β^* is the volume coefficient of expansion with mass fraction concentration, σ is the electrical conductivity, μ_e is the magnetic permeability of the medium, H_0 is the strength of the magnetic field and q_r is the radiative heat flux..

The boundary conditions are:

$$\begin{aligned} u' = v' = 0 & \quad \text{on the boundary of the duct} \\ T' = T_c, C = C_c & \quad \text{on the side wall to the left} \\ T' = T_h, C = C_h & \quad \text{on the side wall to the right} \\ \frac{\partial T'}{\partial y} = 0, \quad \frac{\partial C}{\partial y} = 0 & \quad \text{on the top (} y = 0 \text{) and bottom} \\ u = v = 0 & \quad \text{walls (} y = 0 \text{) which are insulated.} \end{aligned} \quad (2.7)$$

Invoking Rosseland approximation for radiation:

$$q_r = \frac{4\sigma^*}{3\beta_R} \frac{\partial T'^4}{\partial y}$$

Expanding T'^4 in Taylor's series about T_e and neglecting higher order terms:

$$T'^4 \cong 4T_e^3 T' - 3T_e^4$$

We now introduce the following non-dimensional variables:

$$\begin{aligned} x' = ax; \quad y' = by; \quad c = b/a \\ u' = (v/a)u; \quad v' = (v/a)v; \quad p' = (v^2 \rho/a^2)p \\ T' = T_0 + \theta(T_h - T_c); \quad C' = C_0 + \phi(T_h - T_c) \end{aligned} \quad (2.8)$$

The governing equations in the non-dimensional form are:

$$u = -\left(\frac{K}{a^2}\right) \frac{\partial p}{\partial x} \quad (2.9)$$

$$v = -\frac{k}{a^2} \frac{\partial p}{\partial y} - \frac{kag}{v^2} + \frac{kag\beta(T_h - T_c)\theta}{v^2} + \frac{kag\beta^*(C_h - C_c)\phi}{v^2} - \left(\frac{\sigma\mu_e^2 H_0^2 k}{\mu}\right)v \quad (2.10)$$

$$P\left(u \frac{\partial \theta}{\partial x} + v \frac{\partial \theta}{\partial y}\right) = \left(1 + \frac{4N}{3}\right) \left(\frac{\partial^2 \theta}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \theta}{\partial y^2}\right) - \alpha\theta + E_C(u^2 + v^2) \quad (2.11)$$

$$Sc\left(u \frac{\partial \phi}{\partial x} + v \frac{\partial \phi}{\partial y}\right) = \left(\frac{\partial^2 \phi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \phi}{\partial y^2}\right) + \frac{ScSo}{N} \left(\frac{\partial^2 \theta}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \theta}{\partial y^2}\right) \quad (2.12)$$

In view of the equation of continuity we introduce the stream function ψ as:

$$u = \frac{\partial \psi}{\partial y}; \quad v = -\frac{\partial \psi}{\partial x} \quad (2.13)$$

Eliminating p from the equation (2.9) and (2.10) and making use of (2.11) the equations in terms of ψ and θ are:

$$\nabla^2 \psi - M_1^2 \frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} = -Ra \left(\frac{\partial \theta}{\partial x} + N \frac{\partial \phi}{\partial x} \right) \quad (2.14)$$

$$P \left(\frac{\partial \psi}{\partial y} \frac{\partial \theta}{\partial x} - \frac{\partial \psi}{\partial x} \frac{\partial \theta}{\partial y} \right) = \left(1 + \frac{4}{3N_1} \right) \left(\frac{\partial^2 \theta}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \theta}{\partial y^2} \right) - \alpha \theta + E_c \left(\left(\frac{\partial \psi}{\partial y} \right)^2 + \left(\frac{\partial \psi}{\partial x} \right)^2 \right) \quad (2.15)$$

$$Sc \left(\frac{\partial \psi}{\partial y} \frac{\partial \phi}{\partial x} - \frac{\partial \psi}{\partial x} \frac{\partial \phi}{\partial y} \right) = \left(\frac{\partial^2 \phi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \phi}{\partial y^2} \right) + \frac{ScSo}{N} \left(\frac{\partial^2 \theta}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \theta}{\partial y^2} \right) \quad (2.16)$$

Where:

$$G = \frac{g\beta(T_h - T_c)a^3}{\nu^2} \text{ (Grashof number)}, \quad D^{-1} = \frac{a^2}{k} \text{ (Darcy parameter)}$$

$$M^2 = \frac{\sigma\mu_e^2 H_o^2 a^2}{\nu^2} \text{ (Hartmann Number)}, \quad P = \mu c_p / K_1 \text{ (Prandtl number)}$$

$$\alpha = Qa^2/K_1 \text{ (Heat source parameter)}, \quad Ra = \frac{\beta g(T_g - T_c)ka}{\nu^2} \text{ (Radiation parameter)}$$

$$N_1 = \frac{3\beta_R K_1}{4\sigma^* : T_e^3} \text{ (Rayleigh Number)}, \quad Sc = \frac{\nu}{D} \text{ (Schmidt Number)}$$

$$So = \frac{k_{11}\beta^*}{\nu\beta} \text{ (soret parameter)}, \quad N = \frac{\beta^*(C_h - C_c)}{\beta(T_h - T_c)} \text{ (Buoyancy ratio)}$$

$$Ec = \left(\frac{a^4}{\mu K K_1 \Delta T} \right) \text{ (Eckert number)}$$

The four boundary conditions are:

$$\frac{\partial \psi}{\partial x} = 0, \frac{\partial \psi}{\partial y} = 0 \text{ on } x = 0 \text{ \& \;} 1 \quad (2.17)$$

$$\theta = 1 \quad \phi = 1 \text{ on } x = 0$$

$$\theta = 0 \quad \phi = 0 \text{ on } x = 1 \quad (2.18)$$

3 FINITE ELEMENT ANALYSIS AND SOLUTION OF THE PROBLEM

The region is divided into a finite number of three node triangular elements, in each of which the element equation is derived using Galerkin weighted residual method. In each element f_i the approximate solution for an unknown f in the variational formulation is expressed as a linear combination of shape function. $(N_k^i)_{k=1,2,3}$, Which are linear polynomials in x and y . This approximate solution of the unknown f coincides with actual values at each node of the element. The variational formulation results in a 3×3 matrix equation (stiffness matrix) for the unknown local nodal values of the given

element. These stiffness matrices are assembled in terms of global nodal values using inter element continuity and boundary conditions resulting in global matrix equation.

In each case there are r distinct global nodes in the finite element domain and f_p ($p = 1, 2, \dots, r$) is the global nodal values of any unknown f defined over the domain then:

$$f = \sum_{i=1}^8 \sum_{p=1}^r f_p \Phi_p^i,$$

Where the first summation denotes summation over s elements and the second one represents summation over the independent global nodes and:

$$\Phi_p^i = N_N^i, \text{ if } p \text{ is one of the local nodes say } k \text{ of the element } e_i$$

$$= 0, \text{ otherwise.}$$

f_p 's are determined from the global matrix equation. Based on these lines we now make a finite element analysis of the given problem governed by (2.14)–(2.16) subjected to the conditions (2.17) – (2.18).

Let ψ^i , θ^i and ϕ^i be the approximate values of ψ , θ and ϕ in an element θ_i .

$$\psi^i = N_1^i \psi_1^i + N_2^i \psi_2^i + N_3^i \psi_3^i \quad (3.1a)$$

$$\theta^i = N_1^i \theta_1^i + N_2^i \theta_2^i + N_3^i \theta_3^i \quad (3.1b)$$

$$\phi = N_1^i \phi_1^i + N_2^i \phi_2^i + N_3^i \phi_3^i = \quad (3.1c)$$

Substituting the approximate value ψ^i , θ^i and ϕ^i for ψ , θ and ϕ respectively in (2.13), the error:

$$E_1^i = \left(1 + \frac{4}{3N_1}\right) \frac{\partial^2 \theta^i}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \theta^i}{\partial y^2} - P \left(\frac{\partial \psi^i}{\partial y} \frac{\partial \theta^i}{\partial x} - \frac{\partial \psi^i}{\partial x} \frac{\partial \theta^i}{\partial y} \right) - \alpha \theta + E_c \left[\left(\frac{\partial \psi}{\partial y} \right)^2 + \left(\frac{\partial \psi}{\partial x} \right)^2 \right] \quad (3.2)$$

$$E_2^i = \frac{\partial^2 \phi^i}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \phi^i}{\partial y^2} - Sc \left(\frac{\partial \psi^i}{\partial y} \frac{\partial \phi^i}{\partial x} - \frac{\partial \psi^i}{\partial x} \frac{\partial \phi^i}{\partial y} \right) + \frac{ScSo}{N} \left(\frac{\partial^2 \phi^i}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \phi^i}{\partial y^2} \right) \quad (3.3)$$

Under Galerkin method this error is made orthogonal over the domain of e_i to the respective shape functions (weight functions) where:

$$\begin{aligned} \int_{e_i} E_1^i N_k^i d\Omega &= 0 \\ \int_{e_i} E_2^i N_k^i d\Omega &= 0 \\ \int_{e_i} N_k^i \left(\left(1 + \frac{4}{3N_1}\right) \left(\frac{\partial^2 \theta^i}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \theta^i}{\partial y^2} \right) - P \left(\frac{\partial \psi^i}{\partial y} \frac{\partial \theta^i}{\partial x} - \frac{\partial \psi^i}{\partial x} \frac{\partial \theta^i}{\partial y} \right) - \alpha \theta + \left[E_c \left(\frac{\partial \psi}{\partial y} \right)^2 + \left(\frac{\partial \psi}{\partial x} \right)^2 \right] \right) d\Omega &= 0 \end{aligned} \quad (3.4)$$

$$\begin{aligned} \int_{e_i} N_k^i \left(\left(\frac{\partial^2 \phi^i}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \phi^i}{\partial y^2} \right) - Sc \left(\frac{\partial \psi^i}{\partial y} \frac{\partial \phi^i}{\partial x} - \frac{\partial \psi^i}{\partial x} \frac{\partial \phi^i}{\partial y} \right) + \frac{ScSo}{N} \left(\frac{\partial^2 \theta^i}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \theta^i}{\partial y^2} \right) \right) d\Omega &= 0 \end{aligned} \quad (3.5)$$

Using Green's theorem we reduce the surface integral (3.4) & (3.5) without affecting ψ terms and obtain:

$$\int_{ei} N_k^i \left\{ \left(1 + \frac{4}{3N_1} \right) \frac{\partial N_k^i}{\partial x} \frac{\partial \theta^i}{\partial x} + \frac{\partial N_k^i}{\partial y} \frac{\partial \theta^i}{\partial y} - p^i N_k^i \left(\frac{\partial \psi^i}{\partial y} \frac{\partial \theta^i}{\partial x} - \frac{\partial \psi^i}{\partial x} \frac{\partial \theta^i}{\partial y} \right) \right. \\ \left. - \alpha \theta + E_c \left(\frac{\partial \psi}{\partial y} \right)^2 + \left(\frac{\partial \psi}{\partial x} \right)^2 \right\} d\Omega \\ = \int_{\Gamma_i} N_k^i \left(\frac{\partial \theta^i}{\partial x} n_x + \frac{\partial \theta^i}{\partial y} n_y \right) d\Gamma_i \quad (3.6)$$

$$\int_{eiei} N_k^i \left\{ \frac{\partial N_k^i}{\partial x} \frac{\partial \phi^i}{\partial x} + \frac{\partial N_k^i}{\partial y} \frac{\partial \phi^i}{\partial y} - Sc^i N_k^i \left(\frac{\partial \psi^i}{\partial y} \frac{\partial \phi^i}{\partial x} - \frac{\partial \psi^i}{\partial x} \frac{\partial \phi^i}{\partial y} \right) + \frac{ScSo}{N} \left(\frac{\partial N_k^i}{\partial x} \frac{\partial \theta^i}{\partial x} + \frac{\partial N_k^i}{\partial y} \frac{\partial \theta^i}{\partial y} \right) \right\} d\Omega \\ = \int_{\Gamma_i} N_k^i \left(\frac{\partial \theta^i}{\partial x} + \frac{ScSo}{N} \frac{\partial \phi^i}{\partial x} \right) n_x + \left(\frac{\partial \theta^i}{\partial y} + \frac{ScSo}{N} \frac{\partial \phi^i}{\partial y} \right) n_y d\Gamma_i \quad (3.7)$$

Where Γ_i is the boundary of e_i .

Substituting L.H.S. of (3.1a)- (3.1c) for ψ^i , θ^i and ϕ^i in (3.6)&(3.7) we get:

$$\sum_1 \int_{ei} \left(1 + \frac{4N}{3} \right) \frac{\partial N_k^i}{\partial x} \frac{\partial N_L^i}{\partial x} + \frac{\partial N_L^i}{\partial y} \frac{\partial N_k^i}{\partial y} - P \sum_1 \psi_m^i \int_{ei} \left(\frac{\partial N_m^i}{\partial y} \frac{\partial N_L^i}{\partial x} - \frac{\partial N_m^i}{\partial x} \frac{\partial N_L^i}{\partial y} \right) d\Omega \\ - \alpha \sum \theta^i \int_{ei} N N_k^i d\Omega_i + E_c \int_{ei} \left(\left(\frac{\partial \psi}{\partial y} \right)^2 + \left(\frac{\partial \psi}{\partial x} \right)^2 \right) d\Omega \\ = \int_{\Gamma_i} N_k^i \left(\frac{\partial \theta^i}{\partial x} n_x + \frac{\partial \theta^i}{\partial y} n_y \right) d\Gamma_i = Q_k^i \quad (l, m, k = 1, 2, 3) \quad (3.8)$$

$$\sum_1 \int_{ei} \phi^i \left(\frac{\partial N_k^i}{\partial x} \frac{\partial N_L^i}{\partial x} + \frac{\partial N_L^i}{\partial y} \frac{\partial N_k^i}{\partial y} \right) - Sc \sum_1 \psi_m^i \int_{ei} \left(\frac{\partial N_m^i}{\partial y} \frac{\partial N_L^i}{\partial x} - \frac{\partial N_m^i}{\partial x} \frac{\partial N_L^i}{\partial y} \right) d\Omega \\ + \frac{ScSo}{N} \sum \theta^i \int_{ei} \left(\frac{\partial N_k^i}{\partial x} \frac{\partial N_L^i}{\partial x} + \frac{\partial N_L^i}{\partial y} \frac{\partial N_k^i}{\partial y} \right) d\Omega_i \\ = \int_{\Gamma_i} N_k^i \left(\frac{\partial \theta^i}{\partial x} + \frac{ScSo}{N} \frac{\partial \phi^i}{\partial x} \right) n_x + \left(\frac{\partial \theta^i}{\partial y} + \frac{ScSo}{N} \frac{\partial \phi^i}{\partial y} \right) n_y d\Gamma_i = Q_i^C \quad (l, m, k = 1, 2, 3) \quad (3.9)$$

Where:

$Q_k^i = Q_{k1}^i + Q_{k2}^i + Q_{k3}^i$, Q_k^i 's being the values of Q_k^i on the sides $s = (1, 2, 3)$ of the element e_i . The sign of Q_k^i 's depends on the direction of the outward normal w.r.t the element.

Choosing different N_k^i 's as weight functions and following the same procedure we obtain matrix equations for three unknowns (Q_p^i) viz.,

$$(a_p^i)(\theta_p^i) = (Q_k^i) \quad (3.10)$$

Where (a_{pk}^i) is a 3×3 matrix, (θ_p^i) , (Q_k^i) are column matrices.

Repeating the above process with each of s elements, we obtain sets of such matrix equations. Introducing the global coordinates and global values for θ_p^i and making use of inter element continuity and boundary conditions relevant to the problem the above stiffness matrices are assembled to obtain a global matrix equation. This global matrix is $r \times r$ square matrix if there are r distinct global nodes in the domain of flow considered.

Similarly substituting ψ^i, θ^i and ϕ^i in (2.12) and defining the error:

$$E_3^i = \nabla^2 \psi - M^2 \psi + \text{Ra} \left(\frac{\partial \theta}{\partial x} + N \frac{\partial \phi}{\partial x} \right) \quad (3.11)$$

And following the Galerkin method we obtain:

$$\int_{\Omega} E_3^i \psi_j^i d\Omega = 0 \quad (3.12)$$

Using Green's theorem (3.8) reduces to:

$$\begin{aligned} \int_{\Omega} \left(\frac{\partial N_k^i}{\partial x} \frac{\partial \psi^i}{\partial x} + \frac{\partial N_k^i}{\partial y} \frac{\partial \psi^i}{\partial y} + \text{Ra} \left(\theta^i \frac{\partial N_k^i}{\partial x} + \phi^i \frac{\partial N_k^i}{\partial x} \right) \right) d\Omega \\ = \int_{\Gamma} N_k^i \left(\frac{\partial \psi^i}{\partial x} n_x + \frac{\partial \psi^i}{\partial y} n_y \right) d\Gamma_i + \int_{\Gamma} N_k^i n_x \theta^i d\Gamma_i \end{aligned} \quad (3.13)$$

In obtaining (3.13) the Green's theorem is applied w.r.t derivatives of ψ without affecting θ terms.

Using (3.1) and (3.2) in (3.13) we have:

$$\begin{aligned} \sum_m \psi_m^i \left\{ \int_{\Omega} \left(\frac{\partial N_k^i}{\partial x} \frac{\partial N_m^i}{\partial x} + \frac{\partial N_k^i}{\partial y} \frac{\partial N_m^i}{\partial y} \right) d\Omega + \text{Ra} \sum_L \left(\theta_L^i \int_{\Omega} N_k^i \frac{\partial N_L^i}{\partial x} d\Omega + \phi_L^i \int_{\Omega} N_k^i \frac{\partial N_L^i}{\partial x} d\Omega \right) \right\} \\ = \int_{\Gamma} N_k^i \left(\frac{\partial \psi^i}{\partial x} n_x + \frac{\partial \psi^i}{\partial y} n_y \right) d\Gamma_i + \int_{\Gamma} N_k^i \theta^i d\Omega_i = \Gamma_k^i \end{aligned} \quad (3.14)$$

In the problem under consideration, for computational purpose, we choose uniform mesh of 10 triangular elements (Fig. 2). The domain has vertices whose global coordinates are (0,0), (1,0) and (1,c) in the non-dimensional form. Let $e_1, e_2, \dots, e_{10}$ be the ten elements and let $\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_{10}$ be the global values of θ and $\psi_1, \psi_2, \dots, \psi_{10}$ be the global values of ψ at the ten global nodes of the domain (Fig. 2).

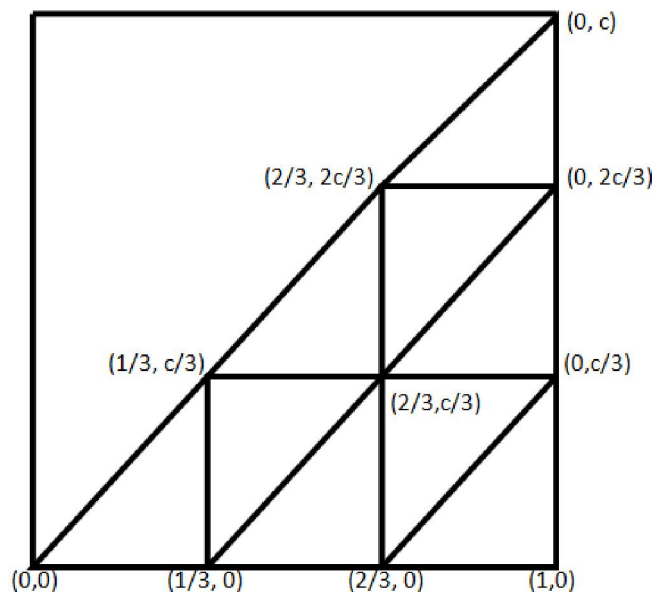


Fig. 2. Schematic diagram of the configuration

4 SHAPE FUNCTIONS AND STIFFNESS MATRICES

Range functions in $n_{i,j}$; i = element, j = node.

$$\begin{array}{ll}
 n_{1,1} = 1 - 3x & n_{1,2} = 3x - \frac{3y}{C} \\
 n_{2,1} = 1 - \frac{3y}{C} & n_{2,2} = -1 + \frac{3y}{C} \\
 n_{2,3} = 1 - 3x + \frac{3y}{C} & n_{3,1} = 2 - 3x \\
 n_{3,2} = -1 + 3x - \frac{3y}{C} & n_{3,3} = \frac{3y}{C} \\
 n_{4,1} = 1 - \frac{3y}{C} & n_{4,2} = -2 + 3x \\
 n_{4,3} = 2 - 3x + \frac{3y}{C} & n_{5,1} = 2 - 3x \\
 n_{5,2} = -1 + 3x - \frac{3y}{C} & n_{5,3} = \frac{3y}{C} \\
 n_{6,1} = 2 - 3x & n_{6,2} = 3x - \frac{3y}{C} \\
 n_{6,3} = 1 + \frac{3y}{C} & n_{7,1} = 2 - \frac{3y}{C} \\
 n_{7,2} = -2 + 3x & n_{7,3} = 1 - 3x + \frac{3y}{C} \\
 n_{8,1} = 3 - 3x & n_{8,2} = -1 + 3x - \frac{3y}{C} \\
 n_{9,2} = 3x - \frac{3y}{C} & n_{9,3} = -1 + \frac{3y}{C}
 \end{array}$$

Substituting the vabove shape functions in (3.8), (3.9) & (3.14) w.r.t each element and integrating over the respective triangular domain we obtain the element in the form (3.8).The 3x3 matrix equations are assembled using connectivity conditions to obtain a 8x8 matrix equations for the global nodes ψ_p, θ_p and ϕ_p .

The global matrix equation for θ is:

$$A_3 X_3 = B_3 \quad (4.1)$$

The global matrix equation for ϕ is:

$$A_4 X_4 = B_4 \quad (4.2)$$

The global matrix equation for ψ is:

$$A_5 X_5 = B_5 \quad (4.3)$$

Where:

$$A_3 = \begin{pmatrix} -1 & a_{12} & a_{13} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & a_{22} & a_{23} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & a_{32} & a_{33} & a_{34} & a_{35} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & a_{44} & a_{44} & a_{45} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & a_{53} & a_{54} & a_{55} & a_{56} & a_{57} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & a_{65} & a_{66} & a_{67} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & a_{75} & a_{76} & a_{77} & a_{78} & a_{79} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & a_{87} & a_{88} & a_{89} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & a_{97} & a_{98} & a_{99} & a_{910} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & a_{109} & a_{1010} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & a_{119} & a_{1110} & -1 \end{pmatrix}$$

$$A_4 = \begin{pmatrix} 1 & b_{1,2} & b_{1,3} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & b_{2,2} & b_{2,3} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & b_{3,2} & b_{3,3} & b_{3,4} & b_{3,5} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & b_{4,3} & b_{4,4} & b_{4,5} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & b_{5,3} & b_{5,4} & b_{5,5} & b_{5,6} & b_{5,7} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & b_{6,5} & b_{6,6} & b_{6,7} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & b_{7,5} & b_{7,6} & b_{7,7} & b_{7,8} & b_{7,9} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & b_{8,7} & b_{8,8} & b_{8,9} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & b_{9,7} & b_{9,8} & b_{9,9} & b_{9,10} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & b_{10,9} & b_{10,10} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & b_{11,9} & b_{11,10} & b_{11,11} \end{pmatrix}$$

$$A_5 = \begin{pmatrix} -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 \end{pmatrix}$$

$$X_3 = \begin{bmatrix} \theta_1 \\ \theta_2 \\ \theta_3 \\ \theta_4 \\ \theta_5 \\ \theta_6 \\ \theta_7 \\ \theta_8 \\ \theta_9 \\ \theta_{10} \\ \theta_{11} \end{bmatrix} \quad X_4 = \begin{bmatrix} C_1 \\ C_2 \\ C_3 \\ C_4 \\ C_5 \\ C_6 \\ C_7 \\ C_8 \\ C_9 \\ C_{10} \\ C_{11} \end{bmatrix} \quad X_5 = \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \\ u_3 \\ u_4 \\ u_5 \\ u_6 \\ u_7 \\ u_8 \\ u_9 \\ u_{10} \\ u_{11} \end{bmatrix}$$

$$B_3 = \begin{bmatrix} \text{ar}_1 \\ \text{ar}_2 \\ \text{ar}_3 \\ \text{ar}_4 \\ \text{ar}_5 \\ \text{ar}_6 \\ \text{ar}_7 \\ \text{ar}_8 \\ \text{ar}_9 \\ \text{ar}_{10} \\ \text{ar}_{11} \end{bmatrix} \quad B_4 = \begin{bmatrix} \text{br}_1 \\ \text{br}_2 \\ \text{br}_3 \\ \text{br}_4 \\ \text{br}_5 \\ \text{br}_6 \\ \text{br}_7 \\ \text{br}_8 \\ \text{br}_9 \\ \text{br}_{10} \\ \text{br}_{11} \end{bmatrix} \quad B_5 = \begin{bmatrix} \text{cr}_1 \\ \text{cr}_2 \\ \text{cr}_3 \\ \text{cr}_4 \\ \text{cr}_5 \\ \text{cr}_6 \\ \text{cr}_7 \\ \text{cr}_8 \\ \text{cr}_9 \\ \text{cr}_{10} \\ \text{cr}_{11} \end{bmatrix}$$

The global matrix equations are coupled and are solved under the following iterative procedures. At the beginning of the first iteration the values of (ψ_i) are taken to be zero and the global equations (4.1) & (4.2) are solved for the nodal values of θ and ϕ . These nodal values (θ_i) and (ϕ_i) obtained are then used to solve the global equation (4.3) to obtain (ψ_i) . In the second iteration these (ψ_i) values are obtained are used in (4.1) & (4.2) to calculate (θ_i) and (ϕ_i) and vice versa. The three equations are thus solved under iteration process until two consecutive iterations differ by a pre-assigned percentage.

The domain consists three horizontal levels and the solution for Ψ & θ at each level may be expressed in terms of the nodal values as follows,

In the horizontal strip: $0 \leq y \leq \frac{c}{3}$

$$\begin{aligned} \Psi &= (\Psi_1 N_1^1 + \Psi_2 N_2^1 + \Psi_7 N_7^1) H(1 - \tau_1) \\ &= \Psi_1 (1 - 4x) + \Psi_2 4(x - \frac{y}{c}) + \Psi_7 (\frac{4y}{c} (1 - \tau_1)) \quad (0 \leq x \leq \frac{1}{3}) \\ \Psi &= (\Psi_2 N_2^3 + \Psi_3 N_3^3 + \Psi_6 N_6^3) H(1 - \tau_2) \\ &\quad + (\Psi_2 N_2^2 + \Psi_7 N_7^2 + \Psi_6 N_6^2) H(1 - \tau_3) \quad (\frac{1}{3} \leq x \leq \frac{1}{3}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= (\Psi_2 2(1-2x) + \Psi_3 (4x - \frac{4y}{c} - 1) + \Psi_6 (\frac{4y}{c})) H(1-\tau_2) \\
&\quad + (\Psi_2 (1 - \frac{4y}{c}) + \Psi_7 (1 + \frac{4y}{c} - 4x) + \Psi_6 (4x-1)) H(1-\tau_3) \\
\Psi &= (\Psi_3 N_3^5 + \Psi_4 N_4^5 + \Psi_5 N_5^5) H(1-\tau_3) \\
&\quad + (\Psi_3 N_3^4 + \Psi_5 N_4^4 + \Psi_6 N_6^4) H(1-\tau_4) \quad \left(\frac{2}{3} \leq x \leq 1\right) \\
&= (\Psi_3 (3-4x) + \Psi_4 2(2x - \frac{2y}{c} - 1) + \Psi_6 (\frac{4y}{c} - 4x+3)) H(1-\tau_3) \\
&\quad + \Psi_3 (1 - \frac{4y}{c}) + \Psi_5 (4x-3) + \Psi_6 (\frac{4y}{c}) H(1-\tau_4)
\end{aligned}$$

Along the strip $\frac{c}{3} \leq y \leq \frac{2c}{3}$

$$\begin{aligned}
\Psi &= (\Psi_7 N_7^6 + \Psi_6 N_6^6 + \Psi_8 N_8^6) H(1-\tau_2) \quad \left(\frac{1}{3} \leq x \leq 1\right) \\
&\quad + (\Psi_6 N_6^7 + \Psi_9 N_9^7 + \Psi_8 N_8^7) H(1-\tau_3) + (\Psi_6 N_6^8 + \Psi_5 N_5^8 + \Psi_9 N_9^8) H(1-\tau_4) \\
\Psi &= (\Psi_7 2(1-2x) + \Psi_6 (4x-3) + \Psi_8 (\frac{4y}{c} - 1)) H(1-\tau_3) \\
&\quad + \Psi_6 (2(1 - \frac{2y}{c}) + \Psi_9 (\frac{4y}{c} - 1) + \Psi_8 (1 + \frac{4y}{c} - 4x)) H(1-\tau_4) \\
&\quad + \Psi_6 (4(1-x) + \Psi_5 (4x - \frac{4y}{c} - 1) + \Psi_9 2(\frac{2y}{c} - 1)) H(1-\tau_5)
\end{aligned}$$

Along the strip $\frac{2c}{3} \leq y \leq 1$

$$\begin{aligned}
\Psi &= (\Psi_8 N_8^9 + \Psi_9 N_9^9 + \Psi_{10} N_{10}^9) H(1-\tau_6) \quad \left(\frac{2}{3} \leq x \leq 1\right) \\
&= \Psi_8 (4(1-x) + \Psi_9 4(x - \frac{y}{c}) + \Psi_{10} 2(\frac{4y}{c} - 3)) H(1-\tau_6)
\end{aligned}$$

where $\tau_1 = 4x$, $\tau_2 = 2x$, $\tau_3 = \frac{4x}{3}$,

$$\tau_4 = 4(x - \frac{y}{c}), \quad \tau_5 = 2(x - \frac{y}{c}), \quad \tau_6 = \frac{4}{3}(x - \frac{y}{c})$$

and H represents the Heaviside function.

The expressions for θ are:

In the horizontal strip $0 \leq y \leq \frac{c}{3}$

$$\begin{aligned}
\theta &= [\theta_1 (1-4x) + \theta_2 4(x - \frac{y}{c}) + \theta_7 (\frac{4y}{c})] H(1-\tau_1) \quad (0 \leq x \leq \frac{1}{3}) \\
\theta &= (\theta_2 2(1-2x) + \theta_3 (4x - \frac{4y}{c} - 1) + \theta_6 (\frac{4y}{c})) H(1-\tau_2) \\
&\quad + \theta_2 (1 - \frac{4y}{c}) + \theta_7 (1 + \frac{4y}{c} - 4x) + \theta_6 (4x-1)) H(1-\tau_3) \quad (\frac{1}{3} \leq x \leq \frac{2}{3})
\end{aligned}$$

$$\theta = \theta_3(3-4x) + 2\theta_4(2x - \frac{2y}{c} - 1) + \theta_6(\frac{4y}{c} - 4x + 3) H(1 - \tau_3) \\ + (\theta_3(1 - \frac{4y}{c}) + \theta_5(4x - 3) + \theta_6(\frac{4y}{c})) H(1 - \tau_4) \quad (\frac{2}{3} \leq x \leq 1)$$

Along the strip $\frac{c}{3} \leq y \leq \frac{2c}{3}$

$$\theta = (\theta_7(2(1-2x) + \theta_6(4x-3) + \theta_8(\frac{4y}{c} - 1)) H(1 - \tau_3) \\ + (\theta_6(2(1 - \frac{2y}{c})) + \theta_9(\frac{4y}{c} - 1) + \theta_8(1 + \frac{4y}{c} - 4x)) H(1 - \tau_4) \\ + (\theta_6(4(1-x) + \theta_5(4x - \frac{4y}{c} - 1) + \theta_9 2(\frac{4y}{c} - 1)) H(1 - \tau_5)$$

Along the strip $\frac{2c}{3} \leq y \leq 1$

$$\theta = (\theta_8(4(1-x) + \theta_9(4x - \frac{y}{c}) + \theta_{10}(\frac{4y}{c} - 3)) H(1 - \tau_6) \quad (\frac{2}{3} \leq x \leq 1)$$

The expressions for ϕ are:

$$\phi = (\phi_1(1-4x) + \phi_2(4x - \frac{y}{c}) + \phi_7(\frac{4y}{c})) H(1 - \tau_1) \quad (0 \leq x \leq \frac{1}{3})$$

$$\phi = (\phi_2(2(1-2x) + \phi_3(4x - \frac{4y}{c} - 1) + \phi_6(\frac{4y}{c})) H(1 - \tau_2) \\ + \phi_2(1 - \frac{4y}{c}) + \phi_7(1 + \frac{4y}{c} - 4x) + \phi_6(4x - 1)) H(1 - \tau_3) \quad (\frac{1}{3} \leq x \leq \frac{2}{3})$$

$$\phi = \phi_3(3-4x) + 2\phi_4(2x - \frac{2y}{c} - 1) + \phi_6(\frac{4y}{c} - 4x + 3) H(1 - \tau_3) \\ + (\phi_3(1 - \frac{4y}{c}) + \phi_5(4x - 3) + \phi_6(\frac{4y}{c})) H(1 - \tau_4) \quad (\frac{2}{3} \leq x \leq 1)$$

Along the strip $\frac{c}{3} \leq y \leq \frac{2c}{3}$

$$\phi = (\phi_7(2(1-2x) + \phi_6(4x-3) + \phi_8(\frac{4y}{c} - 1)) H(1 - \tau_3) \\ + (\phi_6(2(1 - \frac{2y}{c})) + \phi_9(\frac{4y}{c} - 1) + \phi_8(1 + \frac{4y}{c} - 4x)) H(1 - \tau_4) \\ + (\phi_6(4(1-x) + \phi_5(4x - \frac{4y}{c} - 1) + \phi_9 2(\frac{4y}{c} - 1)) H(1 - \tau_5)$$

Along the strip $\frac{2c}{3} \leq y \leq 1$

$$\phi = (\phi_8(4(1-x) + \phi_9(4x - \frac{y}{c}) + \phi_{10}(\frac{4y}{c} - 3)) H(1 - \tau_6) \quad (\frac{2}{3} \leq x \leq 1)$$

The dimensionless Nusselt numbers(Nu) and Sherwood Numbers (Sh) on the non-insulated boundary walls of the rectangular duct are calculated using the formula:

$$Nu = \left(\frac{\partial \theta}{\partial x} \right)_{x=1} \text{ and } Sh = \left(\frac{\partial \phi}{\partial x} \right)_{x=1}$$

Nusselt Number on the side wall $x=1$ in different regions are:

$$Nu_1 = 2 - 4\theta_3 \quad (0 \leq y \leq h/3)$$

$$Nu_2 = 2 - 4\theta_5 \quad (h/3 \leq y \leq 2h/3)$$

$$Nu_3 = 2 - 4\theta_7 \quad (2h/3 \leq y \leq h)$$

Sherwood Number on the side wall $x=1$ in different regions are:

$$Sh_1 = 2 - 4\phi_3 \quad (0 \leq y \leq h/3)$$

$$Sh_2 = 2 - 4\phi_5 \quad (h/3 \leq y \leq 2h/3)$$

$$Sh_3 = 2 - 4\phi_7 \quad (2h/3 \leq y \leq h)$$

5 DISCUSSION OF THE NUMERICAL RESULTS

In this analysis we investigate the effect of chemical reaction on the mixed convective heat and mass transfer flow of a viscous electrically conducting fluid through a porous medium in a rectangular cavity.

The non-dimensional temperature (θ) is shown in figs 1-32 at different horizontal and vertical levels with variations in Ra , α , Sc , N , N_1 , Ec , k and M . Figs. 1-4 represents the temperature(θ) with Rayleigh number Ra at horizontal and vertical levels. It is found that the actual temperature depreciates with $Ra \leq 2 \times 10^2$ and enhances at $Ra \geq 3 \times 10^2$ at all levels.

An increase in $|Ra|$ enhances the actual temperature at $y = \frac{2h}{3}$ and $x = \frac{2}{3}$ levels while it depreciates at $y = \frac{h}{3}$ and

$x = \frac{1}{3}$ levels (figs. 1-4). Figs. 5-8 represents θ with heat source parameter α . At levels $x = \frac{1}{3}$, $y = \frac{h}{3}$ & $y = \frac{2h}{3}$ the actual

temperature reduces with increase in the strength of the heat source and enhances with the strength of the heat sink. At

$x = \frac{2}{3}$ level, the actual temperature enhances with $\alpha \leq 4$ and for higher $\alpha \geq 6$, it reduces in the horizontal strip (0, 0.462) and

enhances in the horizontal strip (0.528, 0.666) while an increase in $|\alpha| \leq 4$, results in a depreciation in the region (0, 0.066) and enhances in the horizontal strip (0.132, 0.666) (fig. 8). Figs. 9-12 represent θ with Schmidt number Sc . It is found that an

increase in $Sc \leq 0.6$, reduces the actual temperature at $y = \frac{2h}{3}$ level and enhances at $y = \frac{h}{3}$ level while it enhances with Sc

$= 1.3$ and reduces with higher $Sc = 2.01$ at both the horizontal levels. At the vertical level $x = \frac{1}{3}$, it enhances with $Sc \leq 1.3$

and reduces with higher $Sc \geq 2.01$. At the higher vertical level $x = \frac{2}{3}$, lesser the molecular diffusivity larger the actual

temperature in the horizontal strip (0, 0.066) and lesser in the strip (0.132, 0.666).

For further lowering of the molecular diffusivity larger the temperature in the strip (0, 0.396) and lesser in the strip (0.462, 0.666) and for still lowering of the diffusivity lesser in the region (0, 0.396) and larger the actual temperature in the region (0.462, 0.666)(fig. 12). The variation of θ with buoyancy ratio N shows that when the molecular buoyancy force dominates over the thermal buoyancy force the actual temperature depreciates at all levels irrespective of the directions of the buoyancy forces (figs. 13-16). The variation of θ with radiation parameter N_1 is shown in figs. 17-20. It is found that higher the radiative heat flux lesser the actual temperature, for further higher flux, larger the actual temperature and for still higher

radiative heat flux lesser the temperature at all horizontal levels and vertical level $x = \frac{1}{3}$. At the higher vertical level $x = \frac{2}{3}$,

an increase in $N_1 \leq 0.03$, leads to a depreciation in the actual temperature, for higher $N_1 \geq 0.05$, larger in the horizontal strip (0, 0.264) and lesser in the region (0.33, 0.666) and for still higher $N_1 = 0.07$, the actual temperature enhances in the region

except in a narrow region adjacent to $y = 0$ (fig. 20). The influence of dissipative effect on θ is shown in figs. 21-24 at different levels. From figs. 21&23 it follows that the actual temperature reduces with $Ec \leq 0.005$ and enhances with higher $Ec \geq 0.007$ at $y = \frac{2h}{3}$ level and $x = \frac{1}{3}$ level. At the horizontal level it depreciates with lower and higher values of Ec and depreciates

with intermediate value $Ec = 0.005$ while at the higher vertical level $x = \frac{2}{3}$, the actual temperature fluctuates with Ec (fig.

24). The influence of chemical reaction on θ is shown in figs. 25-28. It is found that the actual temperature depreciates in the degenerating chemical reaction case at all horizontal and vertical levels while in the generating chemical reaction case, it

reduces with $|k| \leq 1.5$ and enhances with $|k| \geq 2.5$ at $y = \frac{h}{3}$, $y = \frac{2h}{3}$ and $x = \frac{1}{3}$ levels. At the higher vertical $x = \frac{2}{3}$, an

increase in $|k| \leq 1.5$, depreciates the actual temperature while for higher $|k| \geq 2.5$, it depreciates in the horizontal strip (0, 0.264) and enhances in the region (0.33, 0.666) (fig. 28). Figs. 29-32 represent θ with Hartman number M . It is found that

higher the Lorentz force lesser the actual temperature at $y = \frac{h}{3}$, $y = \frac{2h}{3}$ and $x = \frac{1}{3}$ levels and for further higher Lorentz

force lesser at $y = \frac{2h}{3}$ level and larger at $y = \frac{h}{3}$ and $x = \frac{1}{3}$ levels. At $x = \frac{2}{3}$ level, the actual temperature reduces θ with

$M \leq 10$ in the region (0, 0.264) and enhances in the region (0.33, 0.666) and for higher $M \geq 15$, lesser the actual temperature in the entire flow region (fig. 32).

The non-dimensional concentration (C) is shown in figs. 33-64 at different horizontal and vertical levels. Figs 33-36

represent the concentration with Rayleigh number Ra . It is found that at the levels $y = \frac{h}{3}$ and $x = \frac{1}{3}$, the actual

concentration enhances with $Ra \leq 2 \times 10^2$ and depreciates with $Ra \geq 3 \times 10^2$ while it reduces with increase in $|Ra|$ (< 0) (figs.

34&35). At the higher levels $y = \frac{2h}{3}$ and $x = \frac{2}{3}$, the actual concentration reduces with $Ra \leq 2 \times 10^2$ and enhances with $Ra \geq$

3×10^2 while it enhances with $|Ra|$ at both the levels (figs. 33 & 36). The variation of C with heat source parameter α shows

that at the horizontal levels the actual concentration enhances with increase in the strength of the heat source/sink (figs. 37&38). At the vertical level $x = \frac{1}{3}$ the actual concentration enhances with increase in $\alpha \leq 4$ and depreciates with $\alpha \geq$

6, while it enhances with increase in the strength of heat source (fig. 39). At the higher vertical level $x = \frac{2}{3}$ an increase in the

strength of heat source enhances the concentration in the horizontal strip (0, 0.33) and depreciates in the region (0.396, 0.666) while it enhances with increase in the strength of heat sink (fig. 40). The variation of C with buoyancy ratio N shows

that at the horizontal levels $y = \frac{h}{3}$ and $y = \frac{2h}{3}$ and vertical level $x = \frac{1}{3}$ the actual concentration depreciates when the

buoyancy forces act in the same direction and enhances when forces act in opposite direction (figs. 45-47). At $x = \frac{2}{3}$ level

the actual concentration depreciates with $N > 0$ in the horizontal strip (0, 0.33) and enhances in the remaining region and a reversed effect is observed in the actual concentration with increase in $|N|$ (fig. 48). The variation of C with Schmidt number

Sc shows that at $y = \frac{h}{3}$ and $x = \frac{1}{3}$ levels lesser the molecular diffusivity larger the actual concentration and for further

lowering of the diffusivity smaller the concentration (figs. 42-43). At higher horizontal level $y = \frac{2h}{3}$ the actual concentration

depreciates with $Sc \leq 1.3$ and enhances with higher $Sc \geq 2.01$ (fig. 41). At $x = \frac{2}{3}$ level for smaller and higher values of Sc the

actual concentration enhances in the region (0, 0.33) and depreciates in the region (0.396, 0.666) and for $Sc = 1.3$, it depreciates in the region (0, 0.033) and enhances in the remaining region.

The variation of C with radiation parameter N_1 is shown in figs. 49-52. It is found that at both the horizontal levels the actual concentration depreciates with radiation parameter $N_1 \leq 0.03$ and enhances with higher $N_1 \geq 0.07$ (figs. 49&50). At $x = \frac{1}{3}$ level the actual concentration enhances with $N_1 \leq 0.03$ and depreciates with $N_1 \geq 0.05$. From fig 52 we find that for smaller and moderate values of N_1 the actual concentration reduces in the region (0, 0.264) and enhances in the region (0.33, 0.666) while for intermediate value of $N_1 = 0.05$ it depreciates in the horizontal strip (0, 0.33) and enhances in the region (0.396, 0.666). The variation of C with Eckert number Ec is shown in figs. 53-56 at different levels. It is found from figs. 53&54 that the actual concentration enhances with lower and higher values of Ec and depreciates with intermediate value of higher values of Ec and depreciates with intermediate value of $Ec = 0.005$. At $x = \frac{1}{3}$ level the actual concentration depreciates with $Ec \leq 0.005$ and enhances with $Ec \geq 0.007$ (fig. 55). At higher vertical level $x = \frac{2}{3}$ the actual concentration enhances with $Ec \leq 0.005$ in the region (0, 0.132) and depreciates in the remaining region and for $Ec \leq 0.007$ we notice an enhancement in the actual concentration everywhere in the region (fig. 56). The influence of the chemical reaction on C is shown in figs. 57-60 at different levels. At $y = \frac{2h}{3}$, the actual concentration depreciates in the degenerating chemical reaction case and enhances in the generating chemical reaction case. At $y = \frac{h}{3}$ and $x = \frac{1}{3}$ levels the actual concentration depreciates with increase in $k \leq 1.5$ and enhances with $k \geq 2.5$ at both the levels, while an increase in $|k| \leq 1.5$ enhances the concentration at $y = \frac{h}{3}$ level and depreciates at $x = \frac{1}{3}$ level, and for higher $|k| \geq 2.5$ it depreciates at $y = \frac{h}{3}$ level and enhances at $x = \frac{1}{3}$ level (figs. 58&59). At higher vertical level $x = \frac{2}{3}$ the actual concentration experiences an enhancement with $k > 0$ and for $|k| \leq 1.5$ we notice an enhancement in the region (0, 0.264) and depreciation in the region (0.33, 0.666) and for higher $|k| \geq 2.5$ it depreciates in the region (0, 0.264) and enhances in the remaining region (fig. 60). The variation of C with Hartman number M is shown in figs. 61-64 at different levels. It is found that at $y = \frac{h}{3}$ level and $x = \frac{1}{3}$ level higher the Lorentz force lesser the actual concentration (figs. 62-63). At $y = \frac{2h}{3}$ level lesser the Lorentz force larger the actual concentration and for further higher the Lorentz force lesser the actual concentration (fig. 61). At $x = \frac{2}{3}$ level the actual concentration enhances in the region (0, 0.264) and depreciates in the region (0.33, 0.666) with $M \leq 10$ and for higher $M \geq 15$ and for higher $M \geq 15$ we notice a reversed effect in the behavior of actual concentration (fig. 64).

The rate of heat transfer on the side wall $x = 1$ is evaluated for different values of Ra , α , Sc , N , N_1 , Ec , k , and M and are presented in tables 1-3. The variation of Nu with Rayleigh number Ra shows that the Nusselt number enhances with increase in Ra in all the quadrants while for an increase in $|Ra|$, Nu depreciates in the lower quadrant and enhances in the middle and uppermost quadrants. An increase in the strength of the heat source enhances Nu in the lower and middle quadrants and reduces in the upper quadrant while the strength of the heat sink reduces Nu in the first quadrant and reduces it in the middle and upper quadrants. Lesser the molecular diffusivity larger the rate of heat transfer in all the three quadrants (table.1). When the molecular buoyancy force dominates over the thermal buoyancy force the rate of heat transfer enhances when the buoyancy forces act in the same direction while for the forces acting in opposite direction, it enhances in the lower and middle quadrants and reduces in the upper quadrant. An increase in the radiation parameter N_1 leads an enhancement in $|Nu|$ in all the three quadrants. The variation of Nu with Ec shows that higher the dissipative heat larger $|Nu|$ in the lower and middle quadrants and smaller in the upper quadrant (table. 2). From table. 3 we find that higher the Lorentz force larger Nu in all the quadrants. With respect to the chemical reaction parameter k , we find that the rate of heat transfer enhances in the lower and middle quadrants and reduces in the upper quadrant in the degenerating chemical reaction case while it enhances in the generating chemical reaction case in all the three quadrants (table. 3).

The rate of mass transfer (Sh) at $x = 1$ is shown in tables 4-6 for different variation. From table.4 we find that the rate of mass transfer enhances in the lower and middle quadrants and reduces in the upper quadrant with increase in Ra while it reduces with $|Ra|$ in all the three quadrants. An increase in $\alpha > 0$ reduces with Sh in all the quadrants while for $|\alpha| (< 0)$, it reduces in the middle quadrant. Lesser the molecular diffusivity smaller $|Sh|$ in the lower and middle quadrants and enhances in the upper quadrant (table. 4). The variation of Sh with buoyancy ratio N shows that $|Sh|$ enhances with $N > 0$ and for $|N| (< 0)$, Sh depreciates in the lower and middle quadrants and enhances in the upper quadrant. An increase in the radiation parameter $N_1 \leq 0.05$ enhances Sh in the middle and upper quadrants and reduces with higher $N_1 \geq 0.07$ while the rate of mass transfer in the first quadrant reduces with $N_1 \leq 0.05$ and enhances with $N_1 \geq 0.07$. Also higher the dissipative heat larger Sh and for higher dissipative heat lesser Sh in all the three quadrants (table. 5). With respect to Hartmann number M we find that the higher the Lorentz force larger Sh in all the quadrants. An increase in the chemical reaction parameter $k > 0$ reduces Sh in the lower and middle quadrants and reduces in the upper quadrant while an increase in $|k| (< 0) \leq 1.5$, reduces Sh in the first quadrant and enhances in the middle and upper quadrants while for $|k| \geq 2.5$, we find an enhancement in Sh in the first quadrant and depreciates in the other two quadrants (table. 6).

6 FIGURES

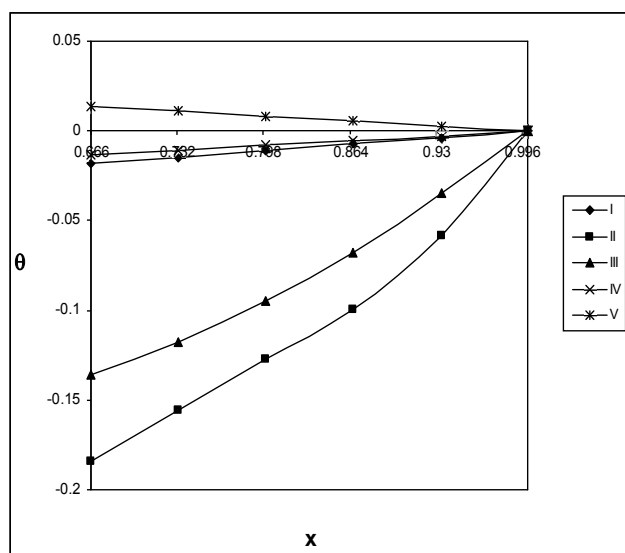


Fig. 1. Variation of θ with R at $y = \frac{2h}{3}$ level

	I	II	III	IV	V
R	100	200	300	-100	-200

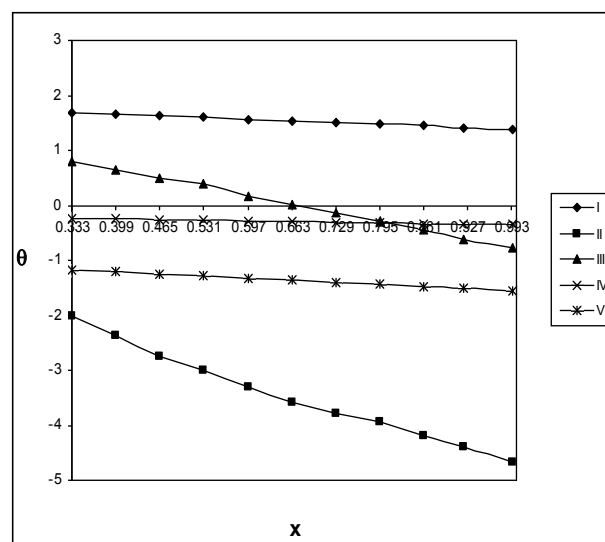


Fig. 2. Variation of θ with R at $y = \frac{h}{3}$ level

	I	II	III	IV	V
R	100	200	300	-100	-200

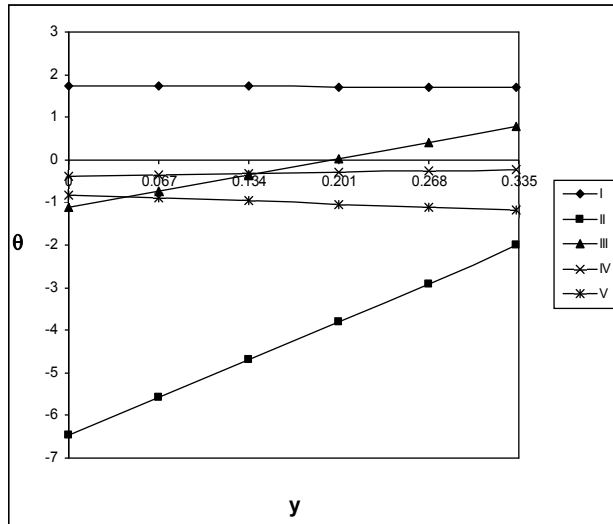


Fig. 3. Variation of θ with x at $x = \frac{2}{3}$ level

	I	II	III	IV	V
R	100	200	300	-100	-200

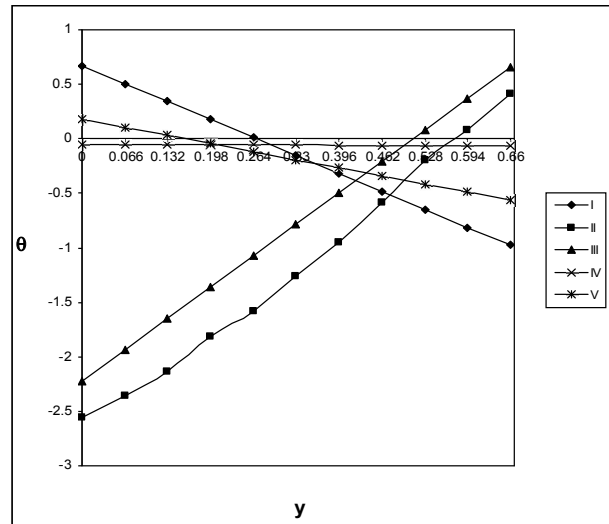


Fig. 4. Variation of θ with x at $x = \frac{1}{3}$ level

	I	II	III	IV	V
R	100	200	300	-100	-200

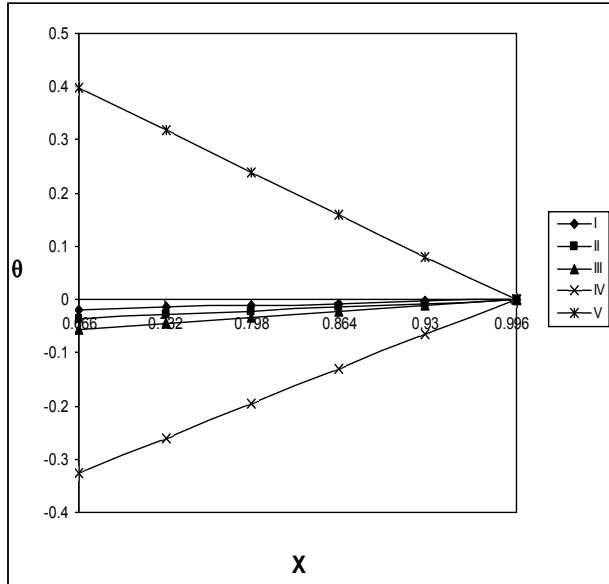


Fig. 5. Variation of θ with α at $y = \frac{2h}{3}$ level

	I	II	III	IV	V
α	2	4	6	-2	-4

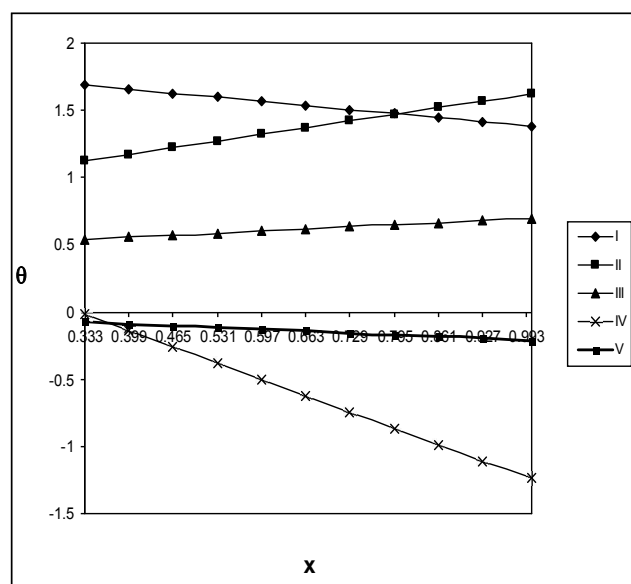


Fig. 6. Variation of θ with α at $y = \frac{h}{3}$ level

	I	II	III	IV	V
α	2	4	6	-2	-4

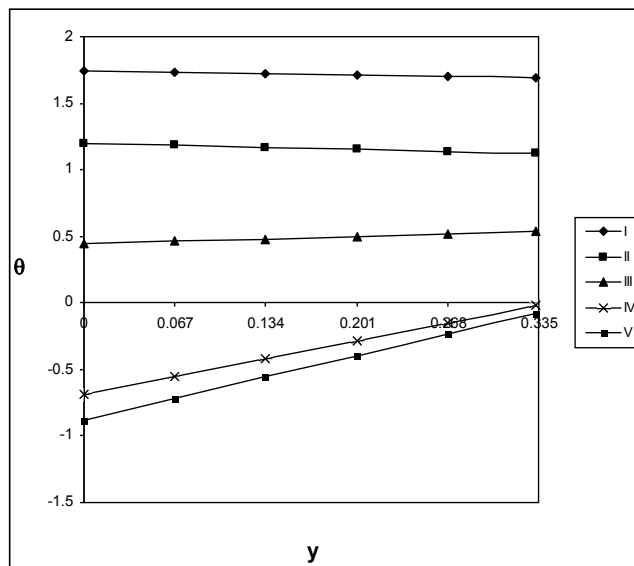


Fig. 7. Variation of θ with α at $x = \frac{1}{3}$ level

	I	II	III	IV	V
α	2	4	6	-2	-4

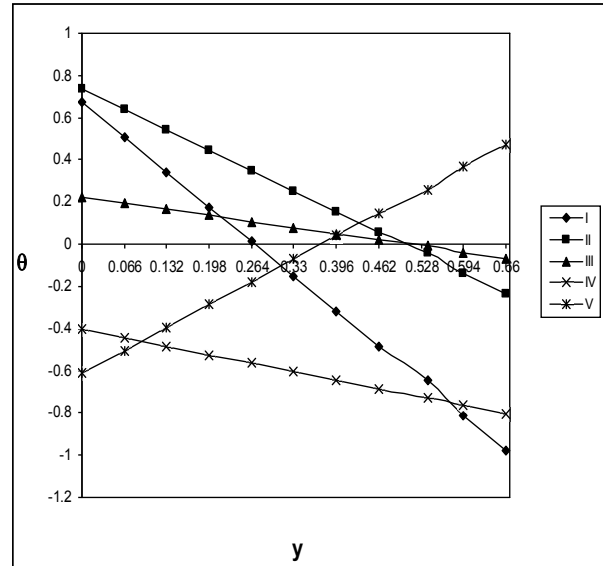


Fig. 8. Variation of θ with α at $x = \frac{2}{3}$ level

	I	II	III	IV	V
α	2	4	6	-2	-4

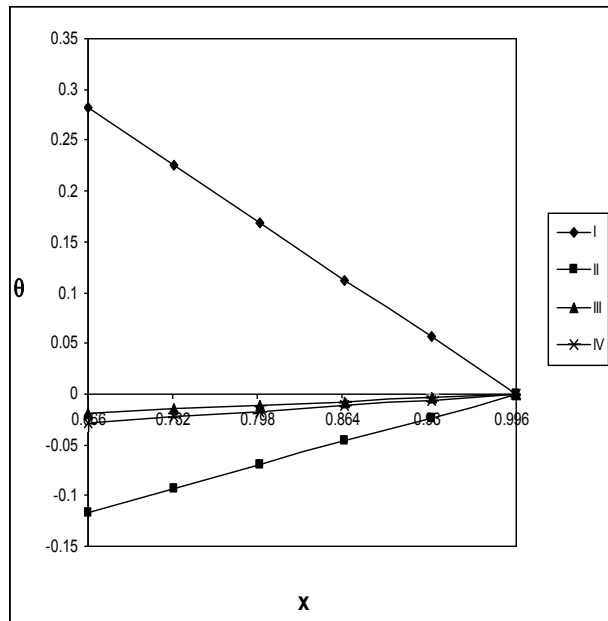


Fig. 9. Variation of θ with Sc at $y = \frac{2h}{3}$ level

	I	II	III	IV
Sc	0.24	0.6	1.3	2.01

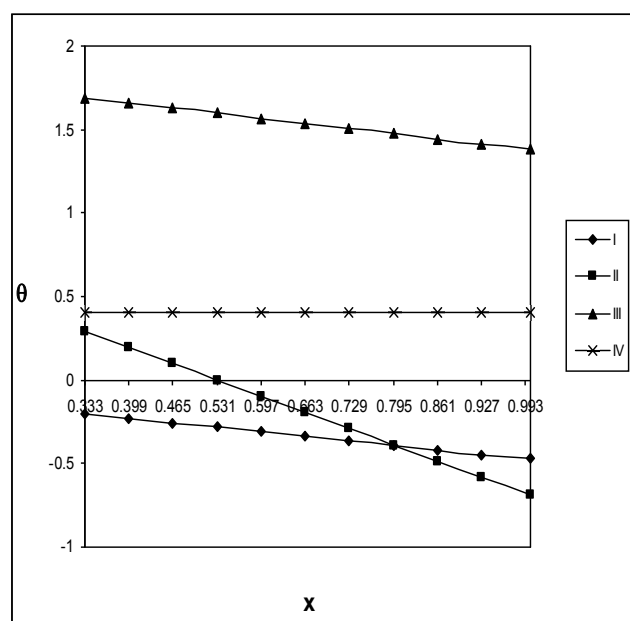


Fig. 10. Variation of θ with Sc at $y = \frac{h}{3}$ level

	I	II	III	IV
Sc	0.24	0.6	1.3	2.01

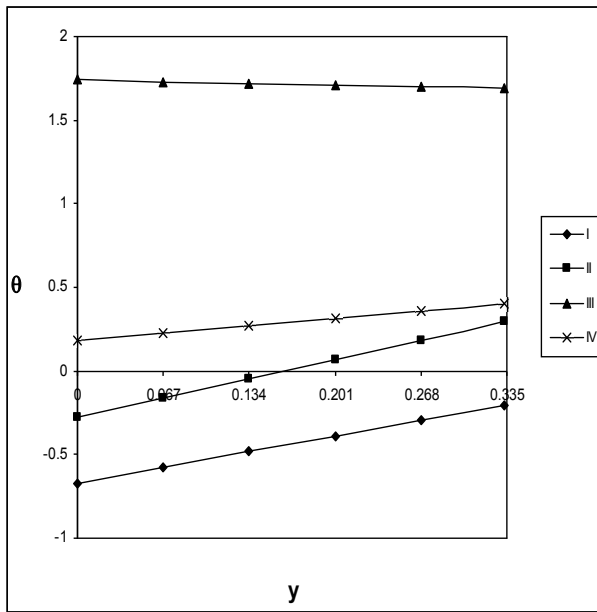


Fig. 11. Variation of θ with Sc at $x = \frac{1}{3}$ level

	I	II	III	IV
Sc	0.24	0.6	1.3	2.01

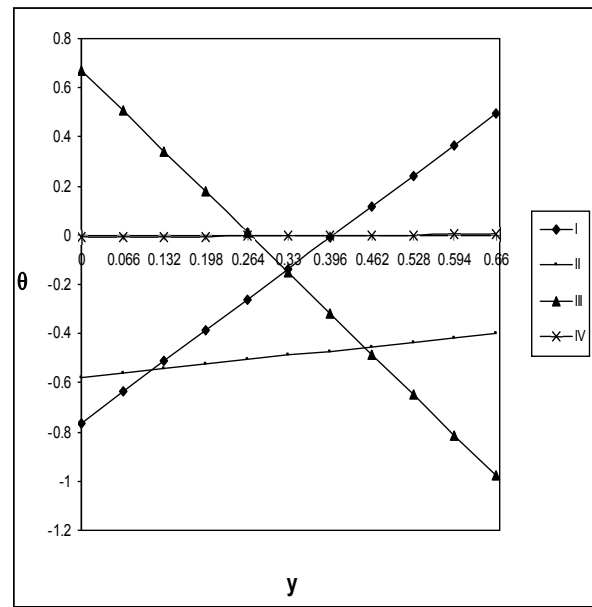


Fig. 12. Variation of θ with Sc at $x = \frac{2}{3}$ level

	I	II	III	IV
Sc	0.24	0.6	1.3	2.01

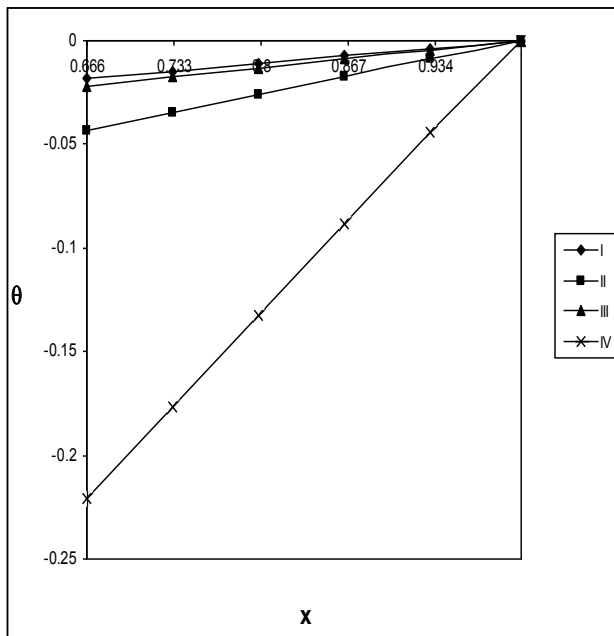


Fig. 13. Variation of θ with N at $y = \frac{2h}{3}$ level

	I	II	III	IV
N	1	2	-0.5	-0.8

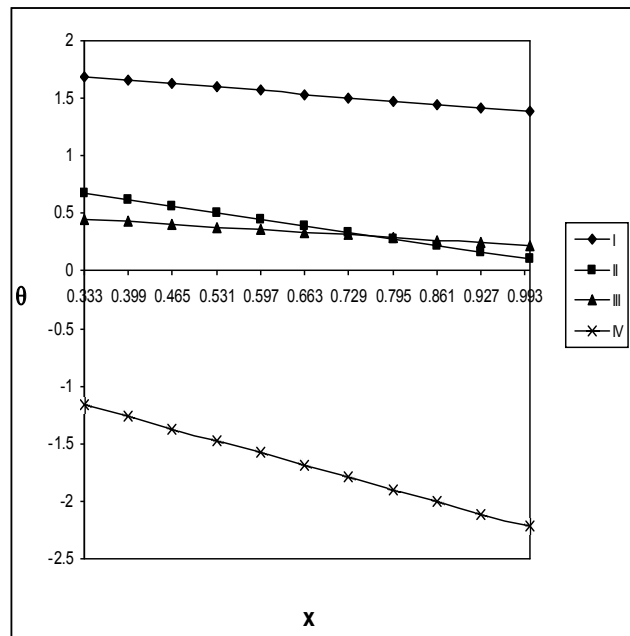


Fig. 14. Variation of θ with N at $y = \frac{h}{3}$ level

	I	II	III	IV
N	1	2	-0.5	-0.8

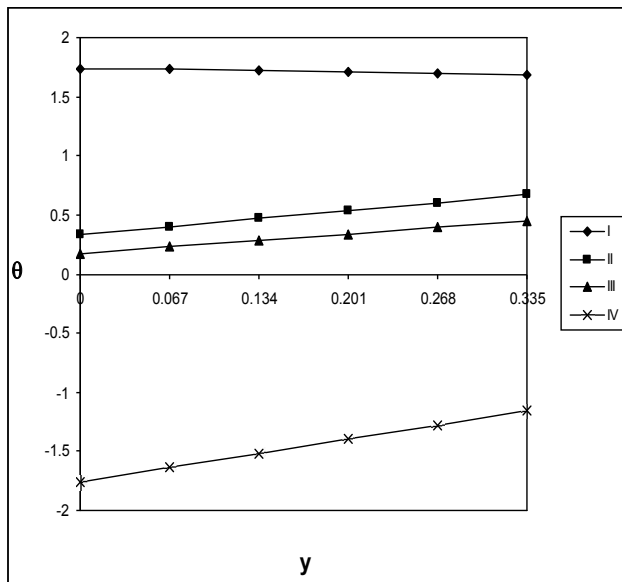


Fig. 15. Variation of θ with N at $x = \frac{1}{3}$ level

	I	II	III	IV
N	1	2	-0.5	-0.8

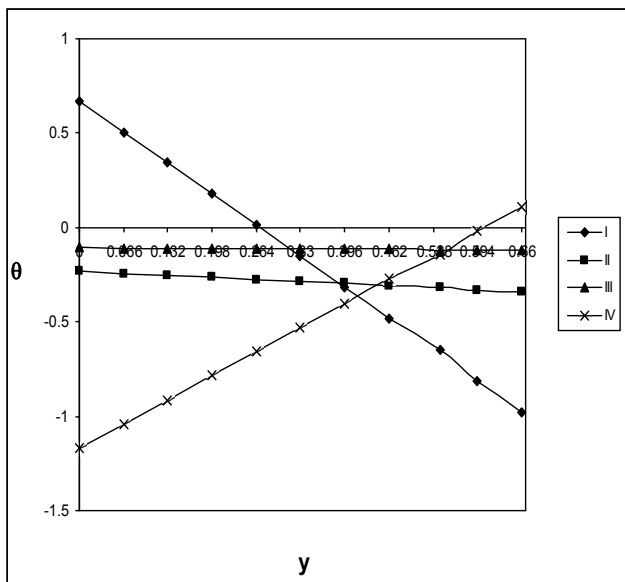


Fig. 16. Variation of θ with N at $x = \frac{2}{3}$ level

	I	II	III	IV
N	1	2	-0.5	-0.8

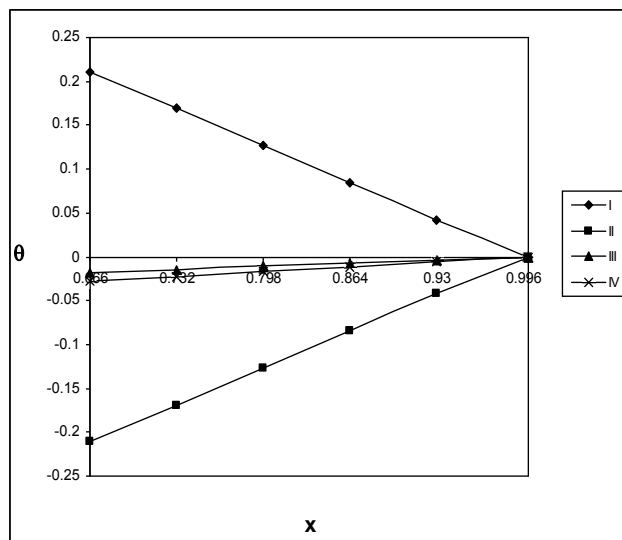


Fig. 17. Variation of θ with N_1 at $y = \frac{2h}{3}$ level

	I	II	III	IV
N_1	0.01	0.03	0.05	0.07

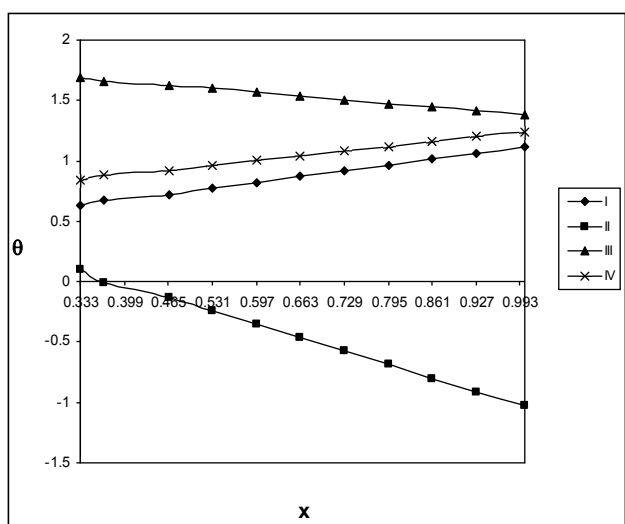


Fig. 18. Variation of θ with N_1 at $y = \frac{h}{3}$ level

	I	II	III	IV
N_1	0.01	0.03	0.05	0.07

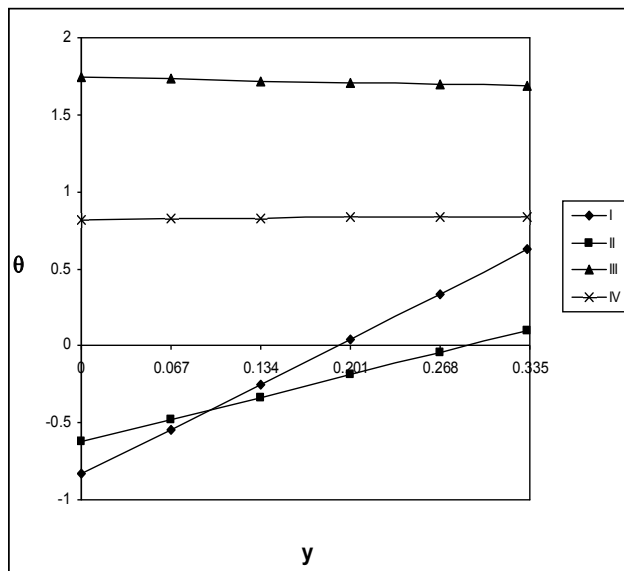


Fig. 19. Variation of θ with N_1 at $x = \frac{1}{3}$ level

	I	II	III	IV
N_1	0.01	0.03	0.05	0.07

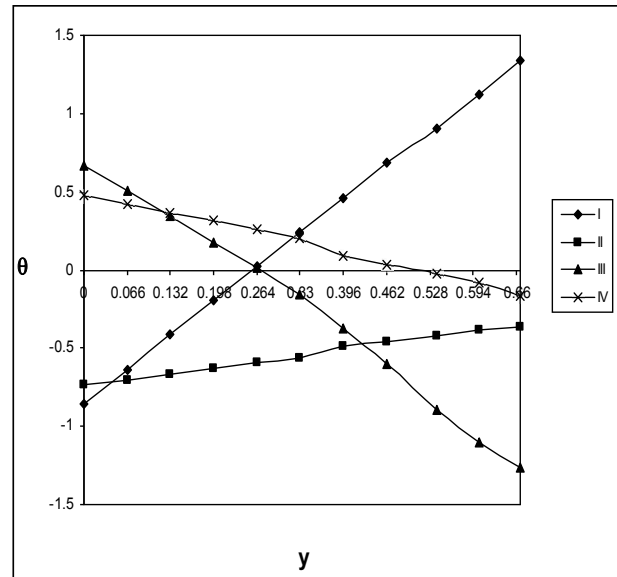


Fig. 20. Variation of θ with N_1 at $x = \frac{2}{3}$ level

	I	II	III	IV
N_1	0.01	0.03	0.05	0.07

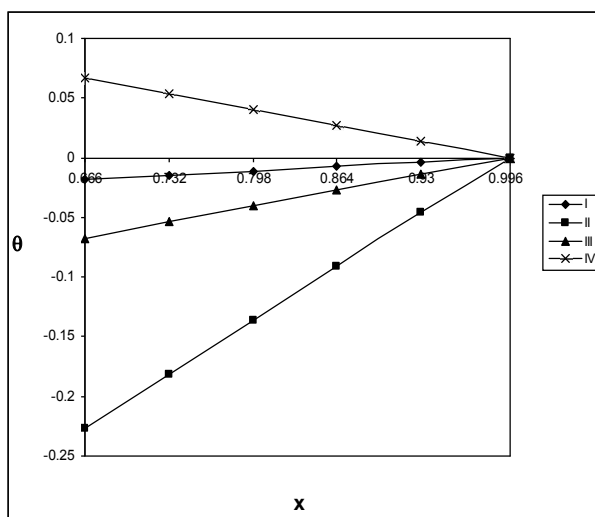


Fig. 21. Variation of θ with Ec at $y = \frac{2h}{3}$ level

	I	II	III	IV
Ec	0.001	0.003	0.005	0.007

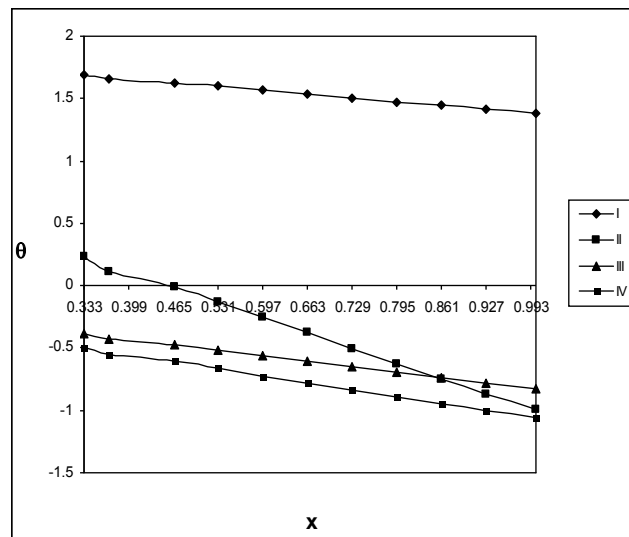


Fig. 22. Variation of θ with Ec at $y = \frac{h}{3}$ level

	I	II	III	IV
Ec	0.001	0.003	0.005	0.007

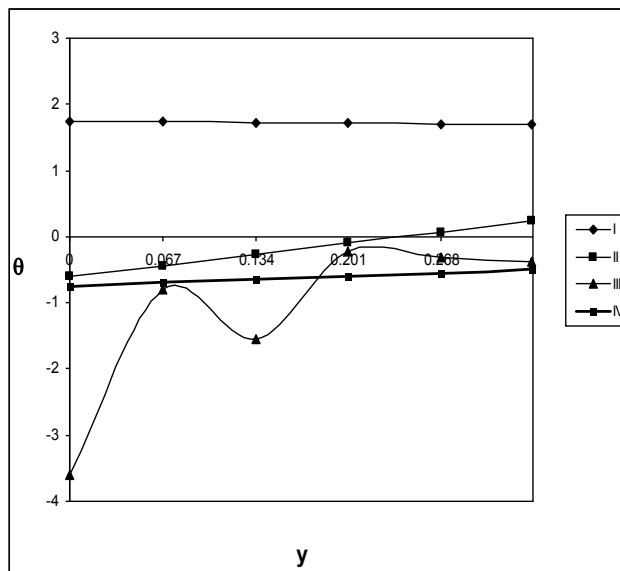


Fig. 23. Variation of θ with Ec at $x = \frac{1}{3}$ level

	I	II	III	IV
Ec	0.001	0.003	0.005	0.007

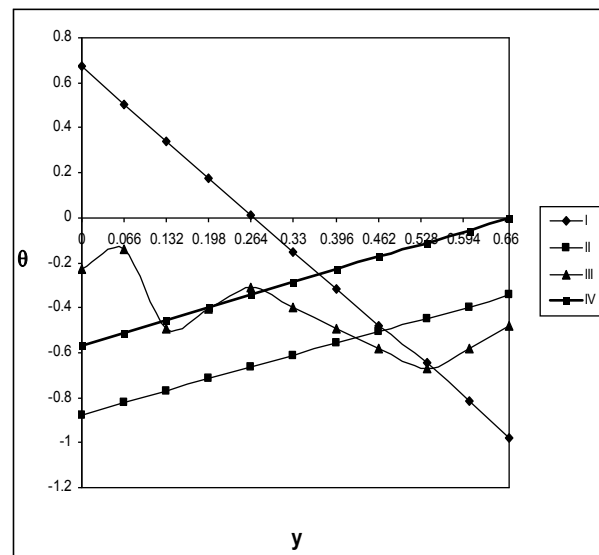


Fig. 24. Variation of θ with Ec at $x = \frac{2}{3}$ level

	I	II	III	IV
Ec	0.001	0.003	0.005	0.007

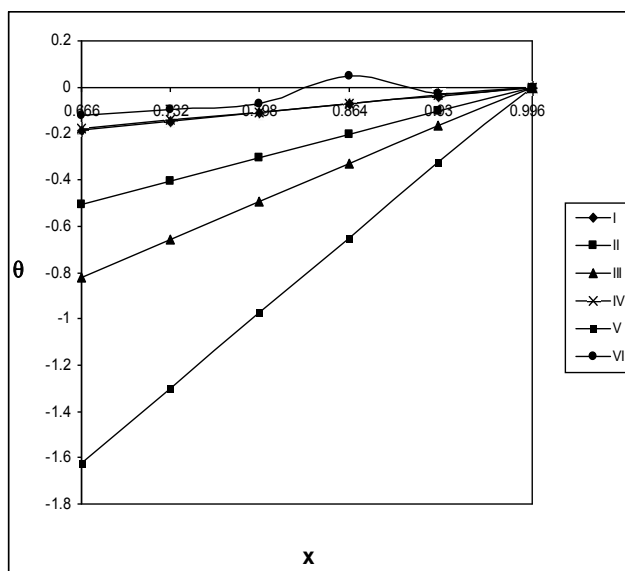


Fig. 25. Variation of θ with k at $y = \frac{2h}{3}$ level

	I	II	III	IV	V	VI
k	0.5	1.5	2.5	-0.5	-1.5	-2.5

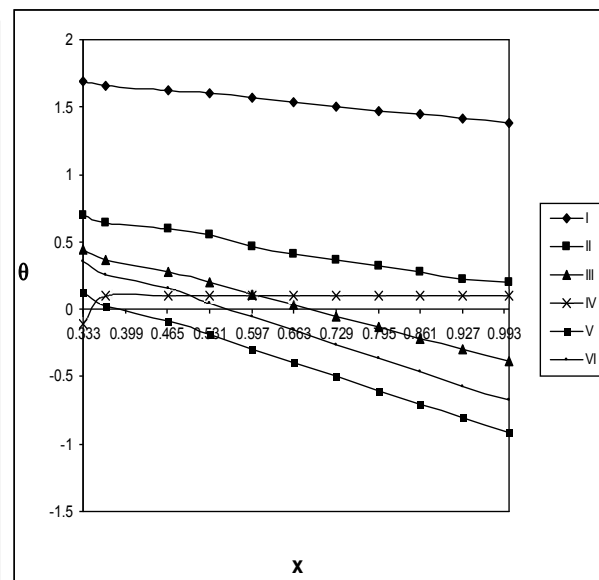


Fig. 26. Variation of θ with k at $y = \frac{h}{3}$ level

	I	II	III	IV	V	VI
k	0.5	1.5	2.5	-0.5	-1.5	-2.5

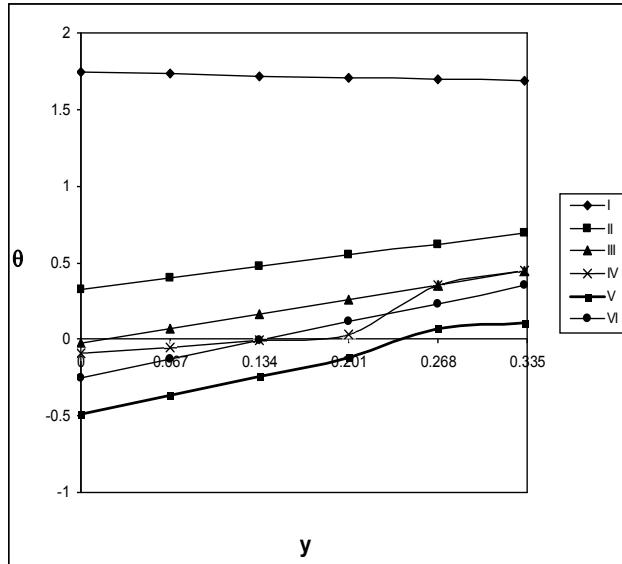


Fig. 27. Variation of θ with k at $x = \frac{1}{3}$ level

	I	II	III	IV	V	VI
k	0.5	1.5	2.5	-0.5	-1.5	-2.5

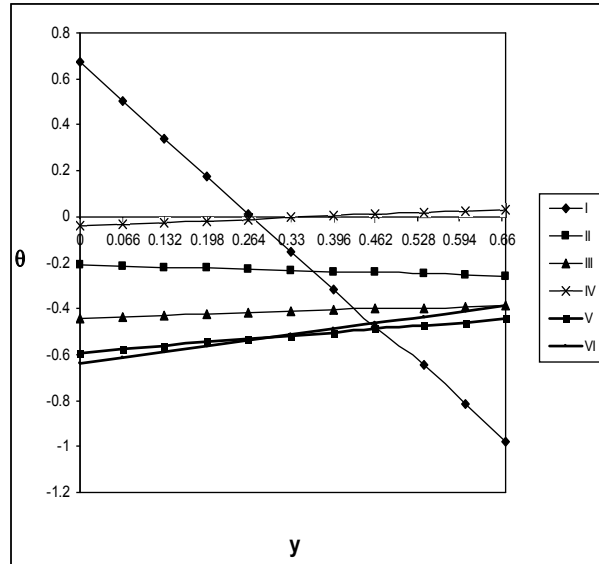


Fig. 28. Variation of θ with k at $x = \frac{2}{3}$ level

	I	II	III	IV	V	VI
k	0.5	1.5	2.5	-0.5	-1.5	-2.5

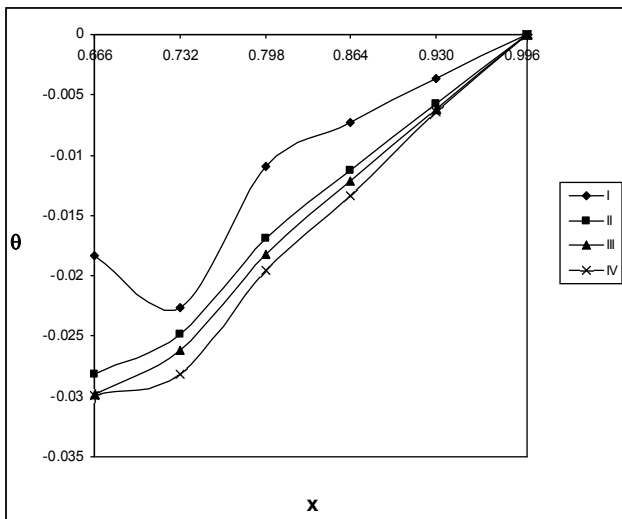


Fig. 29. Variation of θ with M at $y = \frac{2h}{3}$ level

	I	II	III	IV
M	5	10	15	20

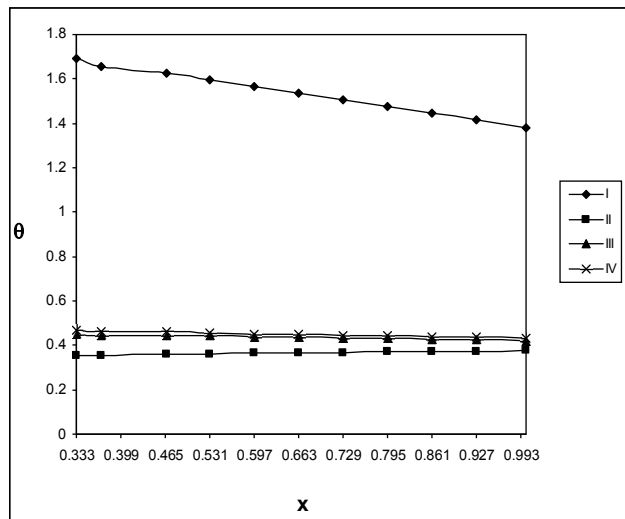


Fig. 30. Variation of θ with M at $y = \frac{h}{3}$ level

	I	II	III	IV
M	5	10	15	20

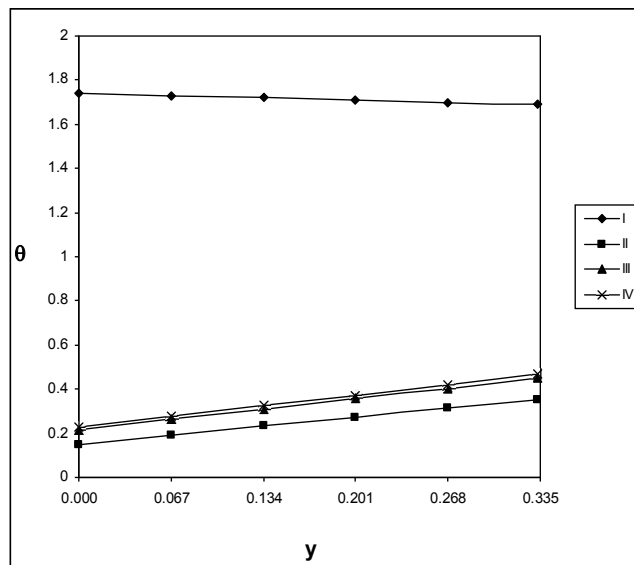


Fig. 31. Variation of θ with M at $x = \frac{1}{3}$ level

	I	II	III	IV
M	5	10	15	20

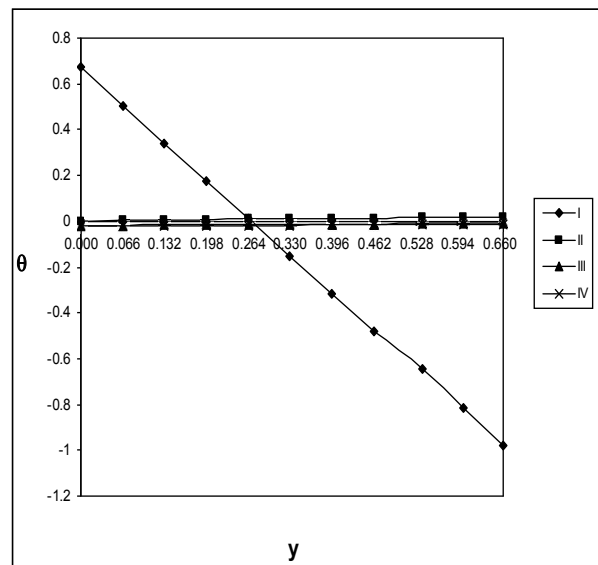


Fig. 32. Variation of θ with M at $x = \frac{2}{3}$ level

	I	II	III	IV
M	5	10	15	20

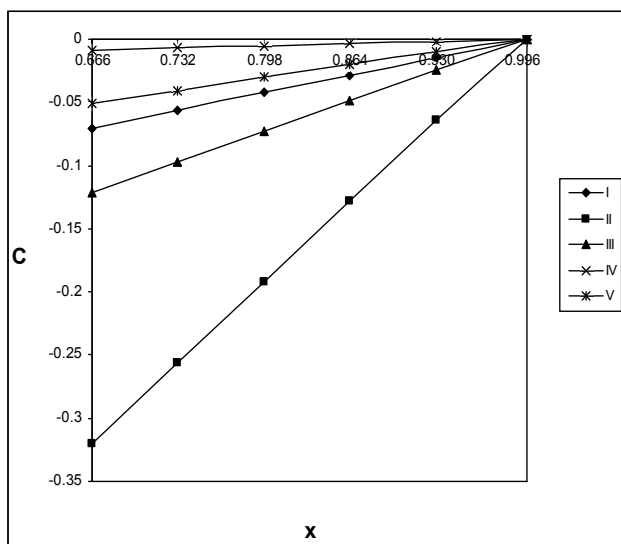


Fig. 33. Variation of C with R at $y = \frac{2h}{3}$ level

	I	II	III	IV	V
R	100	200	300	-100	-200

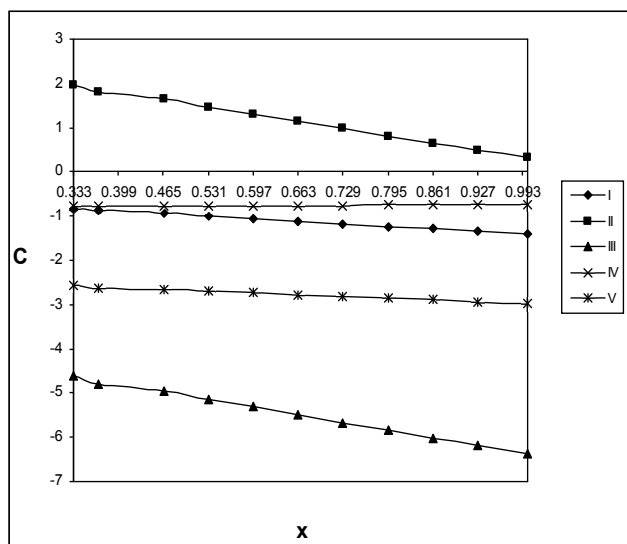


Fig. 34. Variation of θ with C at $y = \frac{h}{3}$ level

	I	II	III	IV	V
R	100	200	300	-100	-200

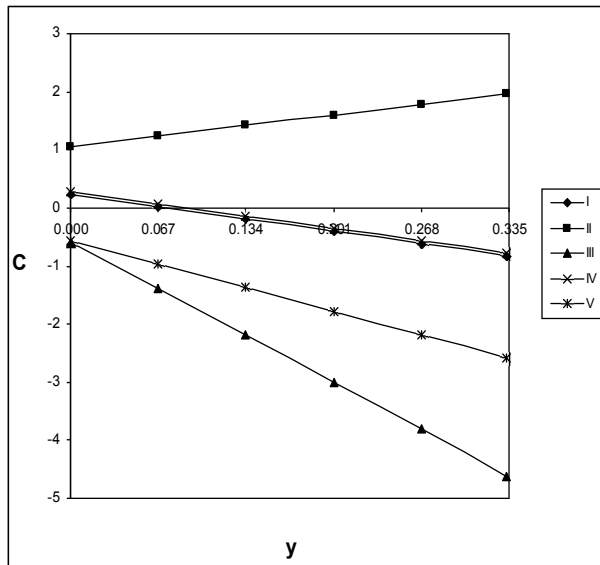


Fig. 35. Variation of C with R at $x = \frac{1}{3}$ level

	I	II	III	IV	V
R	100	200	300	-100	-200

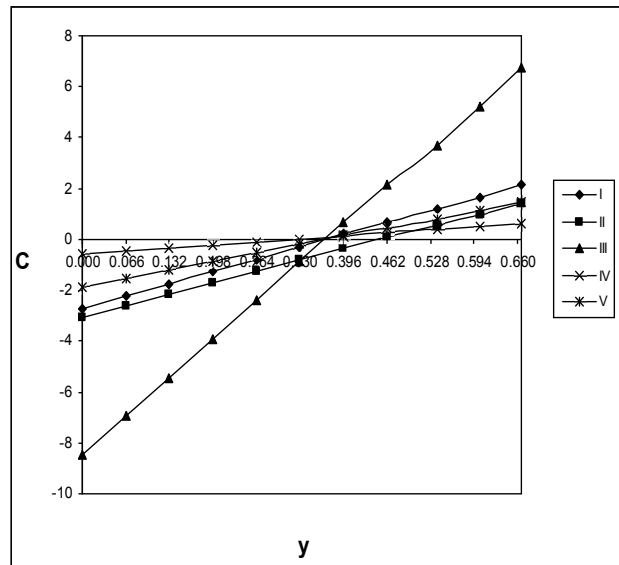


Fig. 36. Variation of C with C at $x = \frac{2}{3}$ level

	I	II	III	IV	V
R	100	200	300	-100	-200

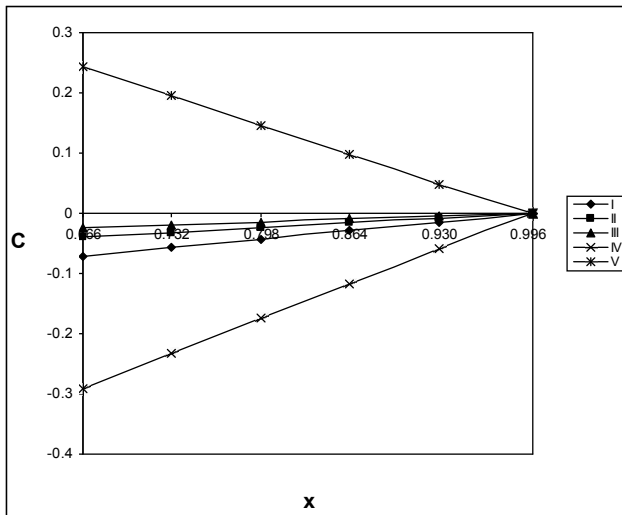


Fig. 37. Variation of C with α at $y = \frac{2h}{3}$ level

	I	II	III	IV	V
α	2	4	6	-2	-4

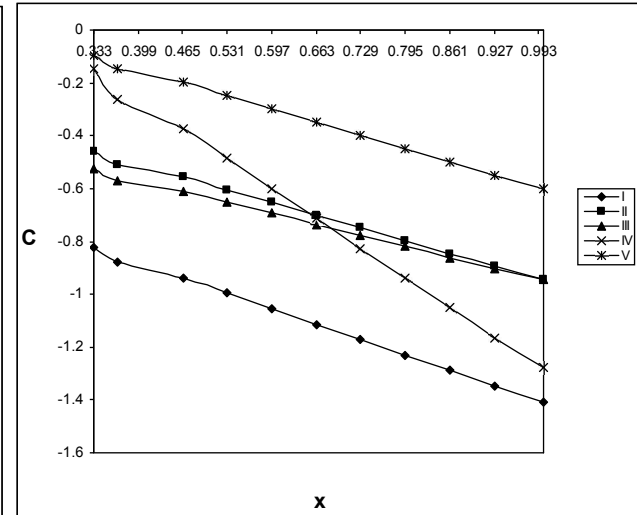


Fig. 38. Variation of C with α at $y = \frac{h}{3}$ level

	I	II	III	IV	V
α	2	4	6	-2	-4

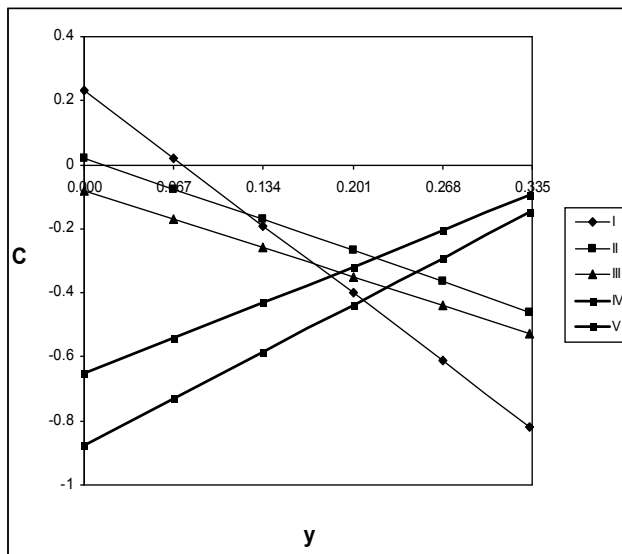


Fig. 39. Variation of C with α at $x = \frac{1}{3}$ level

	I	II	III	IV	V
α	2	4	6	-2	-4

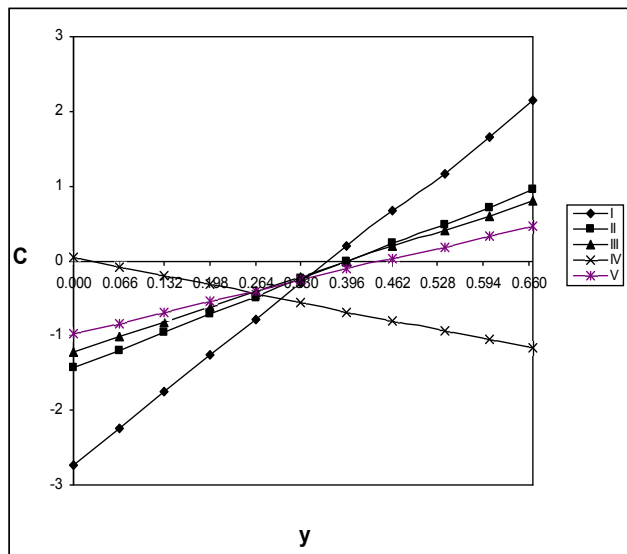


Fig. 40. Variation of C with α at $x = \frac{2}{3}$ level

	I	II	III	IV	V
α	2	4	6	-2	-4

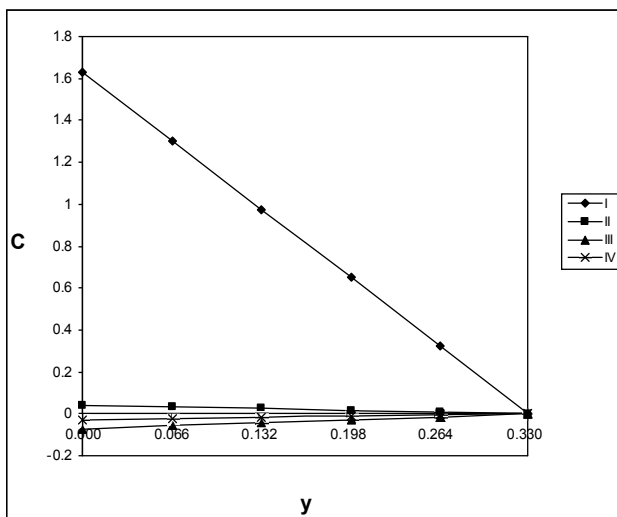


Fig. 41. Variation of C with Sc at $y = \frac{2h}{3}$ level

	I	II	III	IV
Sc	0.24	0.6	1.3	2.01

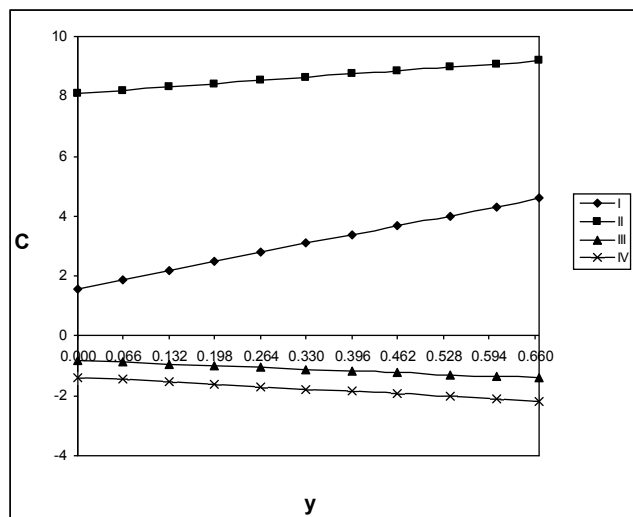


Fig. 42. Variation of C with Sc at $y = \frac{h}{3}$ level

	I	II	III	IV
Sc	0.24	0.6	1.3	2.01

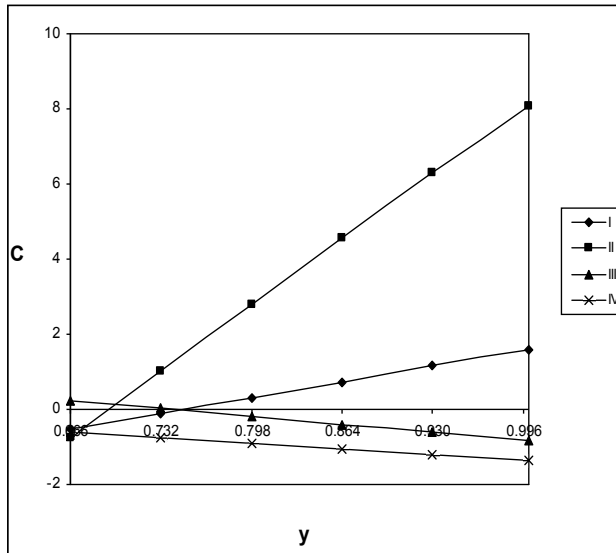


Fig. 43. Variation of C with Sc at $x = \frac{1}{3}$ level

	I	II	III	IV
Sc	0.24	0.6	1.3	2.01

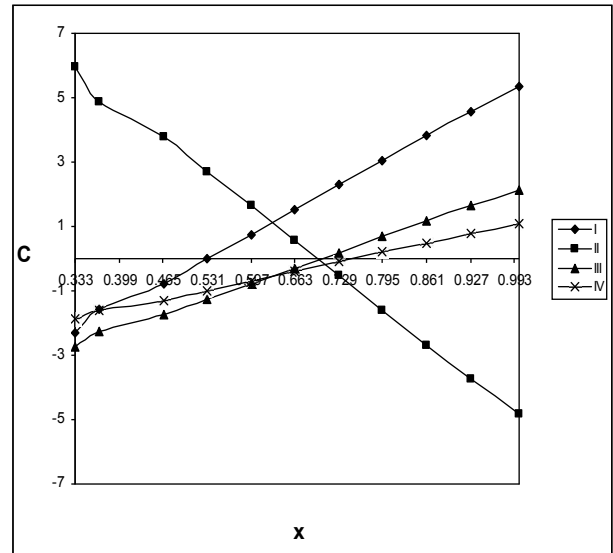


Fig. 44. Variation of C with Sc at $x = \frac{2}{3}$ level

	I	II	III	IV
Sc	0.24	0.6	1.3	2.01

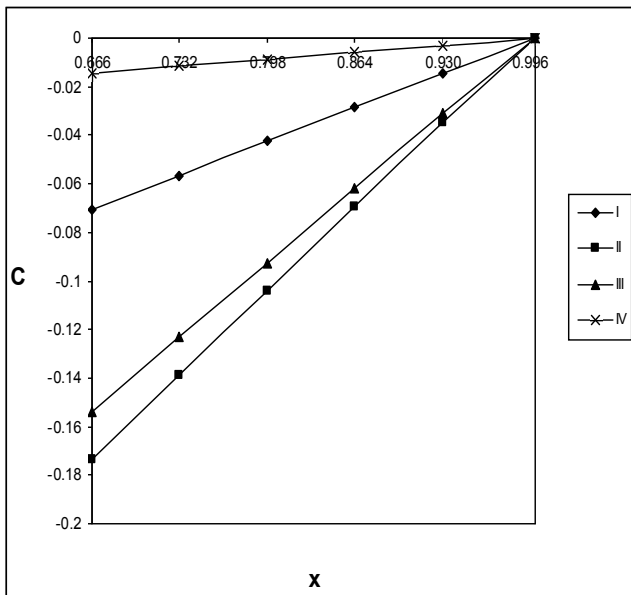


Fig. 45. Variation of C with N at $y = \frac{2h}{3}$ level

	I	II	III	IV
N	1	2	-0.5	-0.8

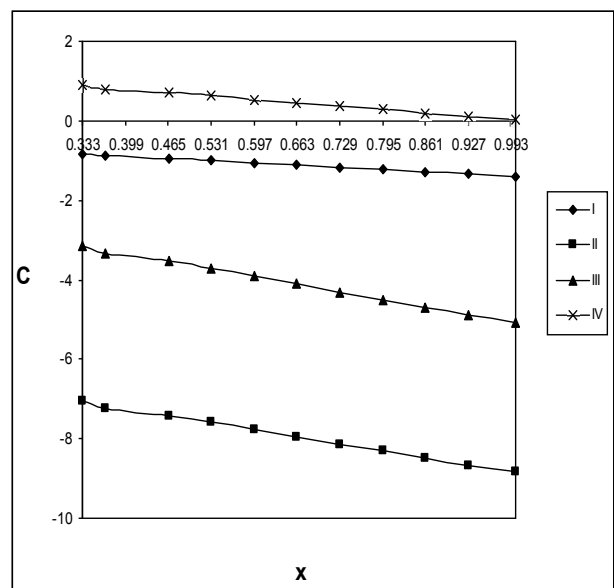


Fig. 46. Variation of C with N at $y = \frac{h}{3}$ level

	I	II	III	IV
N	1	2	-0.5	-0.8

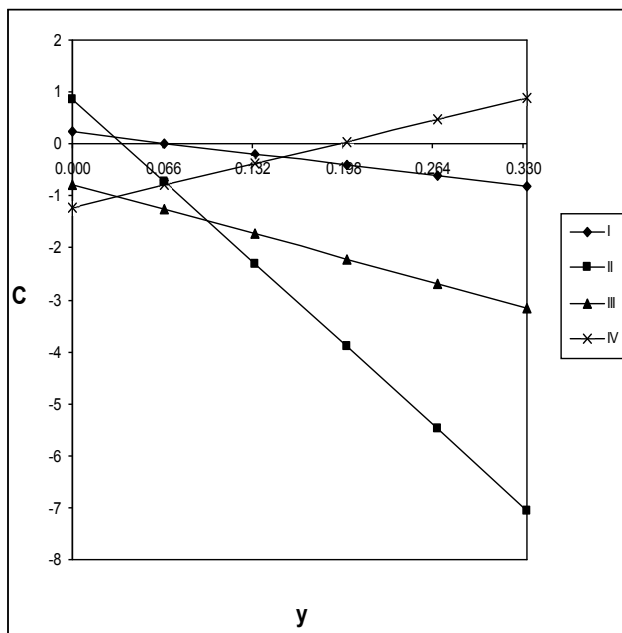


Fig. 47. Variation of C with N at $x = \frac{1}{3}$ level

	I	II	III	IV
N	1	2	-0.5	-0.8

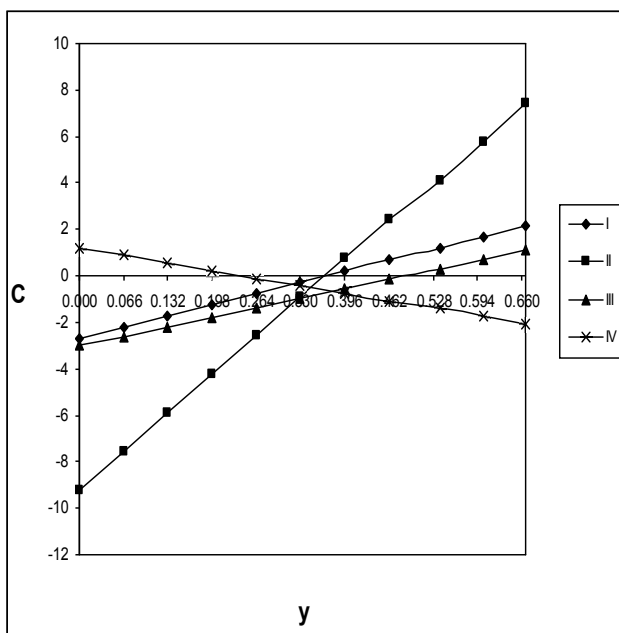


Fig. 48. Variation of C with N at $x = \frac{2}{3}$ level

	I	II	III	IV
N	1	2	-0.5	-0.8

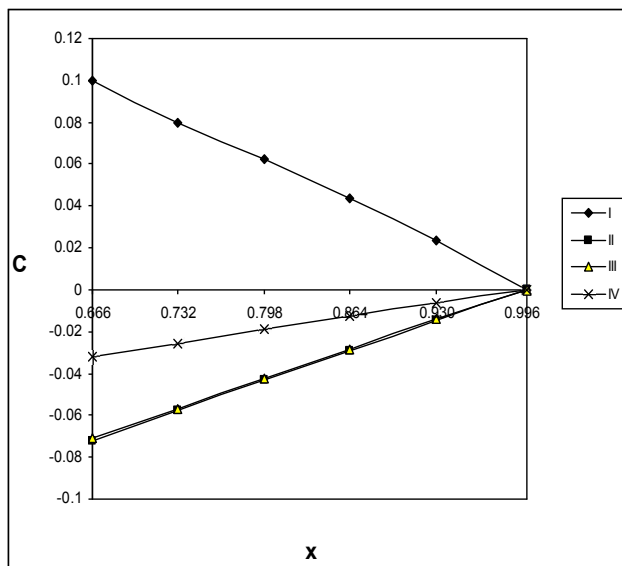


Fig. 49. Variation of C with N_1 at $y = \frac{2h}{3}$ level

	I	II	III	IV
N_1	0.01	0.03	0.05	0.07

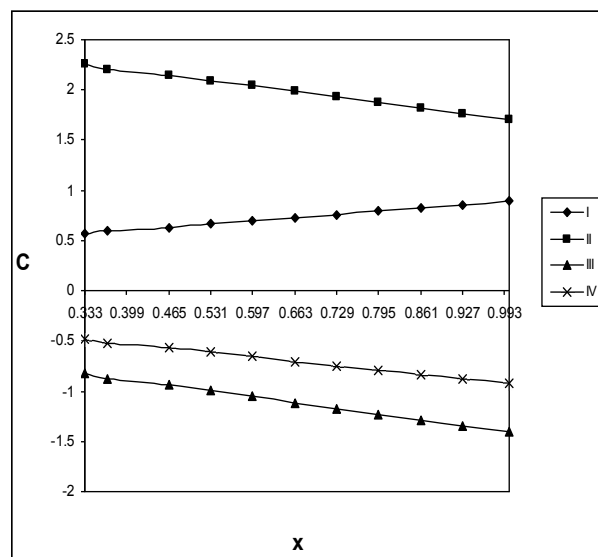


Fig. 50. Variation of C with N_1 at $y = \frac{h}{3}$ level

	I	II	III	IV
N_1	0.01	0.03	0.05	0.07

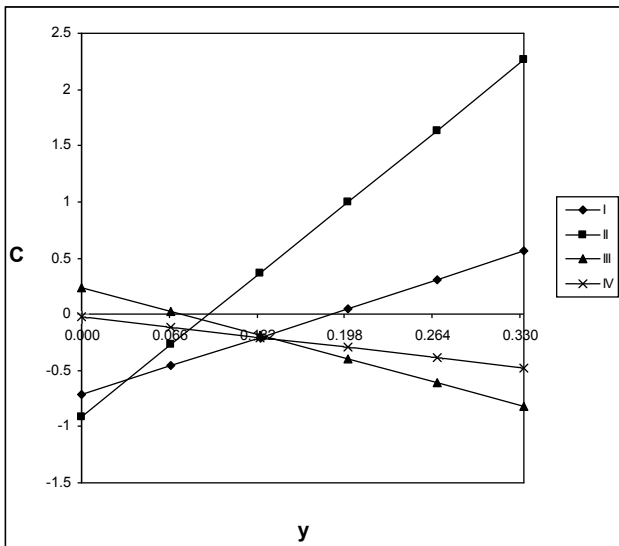


Fig. 51. Variation of C with N_1 at $x = \frac{1}{3}$ level

	I	II	III	IV
N_1	0.01	0.03	0.05	0.07

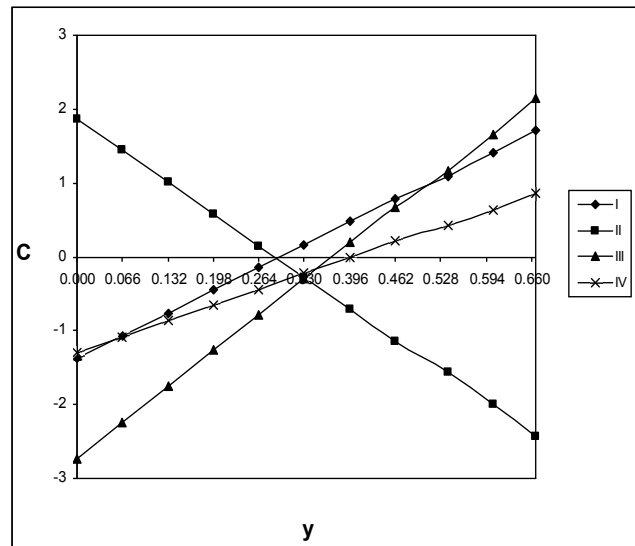


Fig. 52. Variation of C with N_1 at $x = \frac{2}{3}$ level

	I	II	III	IV
N_1	0.01	0.03	0.05	0.07

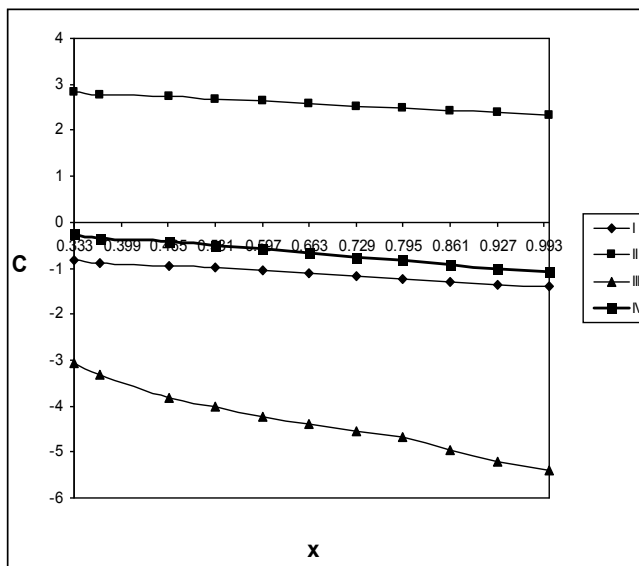


Fig. 53. Variation of C with E_c at $y = \frac{2h}{3}$ level

	I	II	III	IV
E_c	0.001	0.003	0.005	0.007

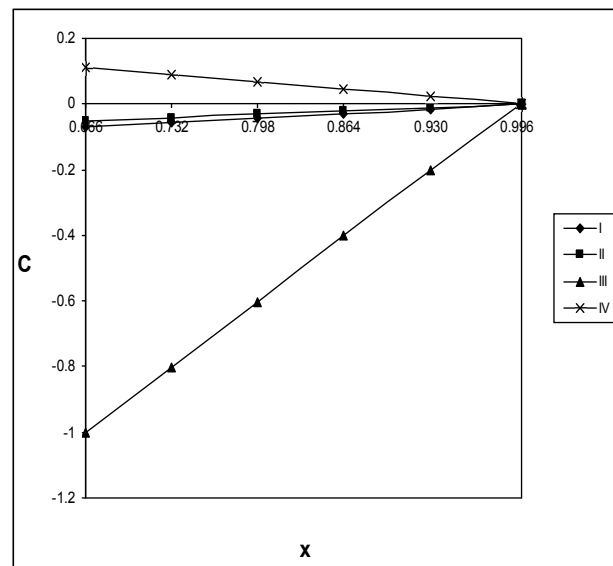


Fig. 54. Variation of C with E_c at $y = \frac{h}{3}$ level

	I	II	III	IV
E_c	0.001	0.003	0.005	0.007

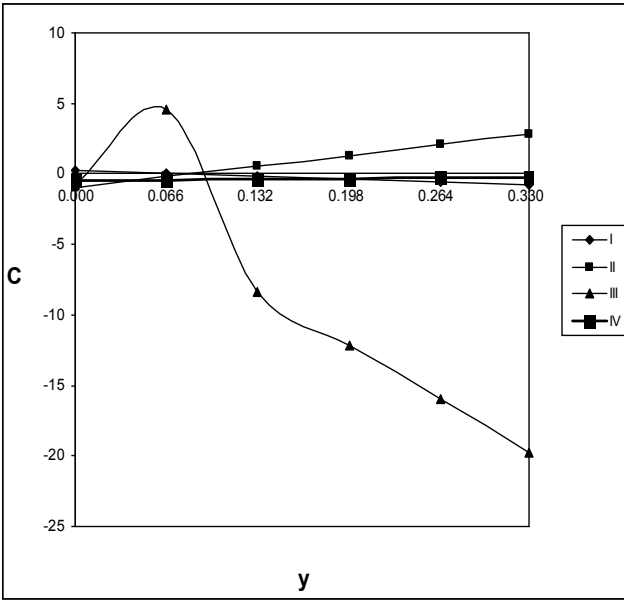


Fig. 55. Variation of C with Ec at $x = \frac{1}{3}$ level

	I	II	III	IV
Ec	0.001	0.003	0.005	0.007

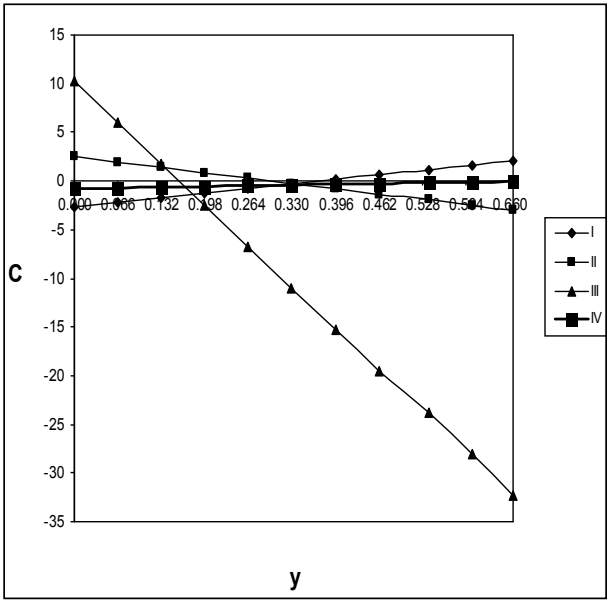


Fig. 56. Variation of C with Ec at $x = \frac{2}{3}$ level

	I	II	III	IV
Ec	0.001	0.003	0.005	0.007

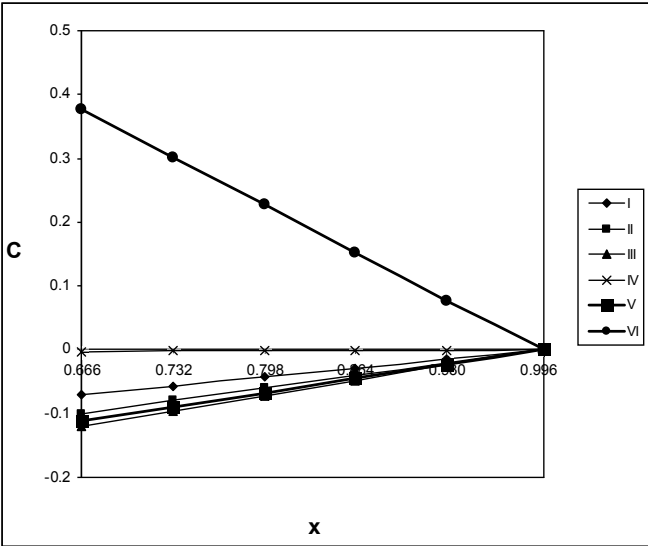


Fig. 57. Variation of C with k at $y = \frac{2h}{3}$ level

	I	II	III	IV	V	VI
k	0.5	1.5	2.5	-0.5	-1.5	-2.5

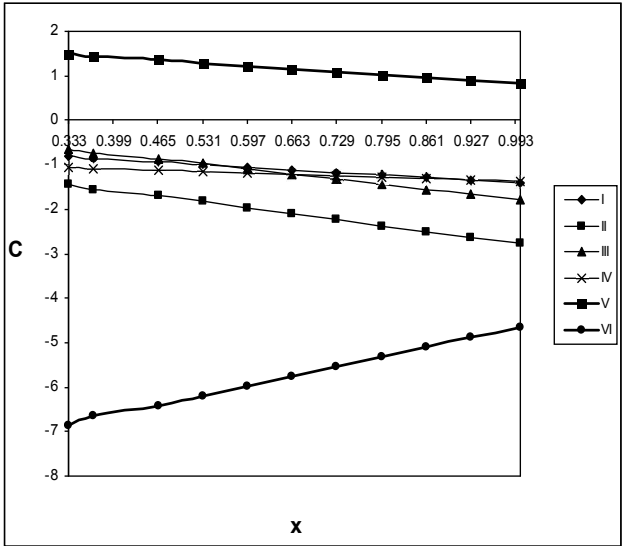


Fig. 58. Variation of C with k at $y = \frac{h}{3}$ level

	I	II	III	IV	V	VI
k	0.5	1.5	2.5	-0.5	-1.5	-2.5

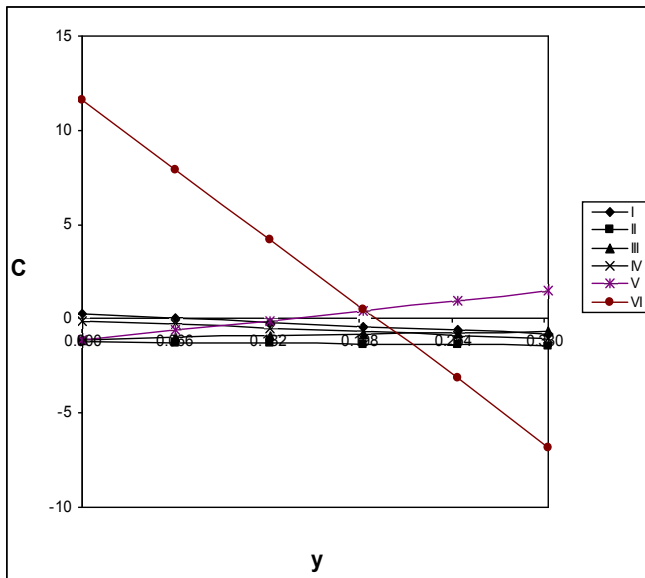


Fig. 59. Variation of C with k at $x = \frac{1}{3}$ level

	I	II	III	IV	V	VI
k	0.5	1.5	2.5	-0.5	-1.5	-2.5

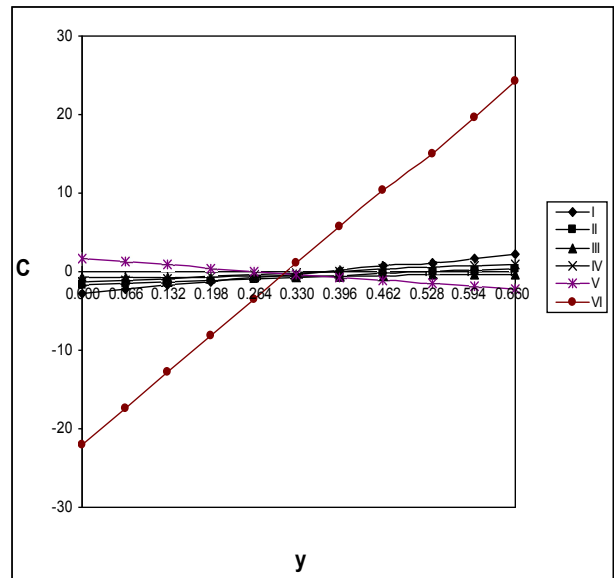


Fig. 60. Variation of C with k at $x = \frac{2}{3}$ level

	I	II	III	IV	V	VI
k	0.5	1.5	2.5	-0.5	-1.5	-2.5

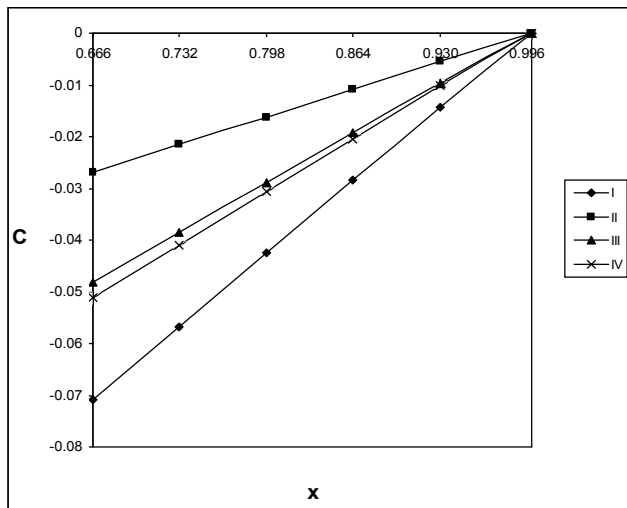


Fig. 61. Variation of C with M at $y = \frac{2h}{3}$ level

	I	II	III	IV
M	5	10	15	20

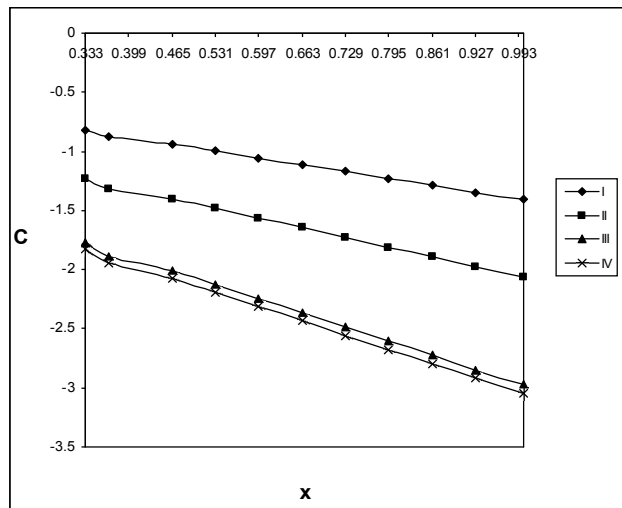


Fig. 62. Variation of C with M at $y = \frac{h}{3}$ level

	I	II	III	IV
M	5	10	15	20

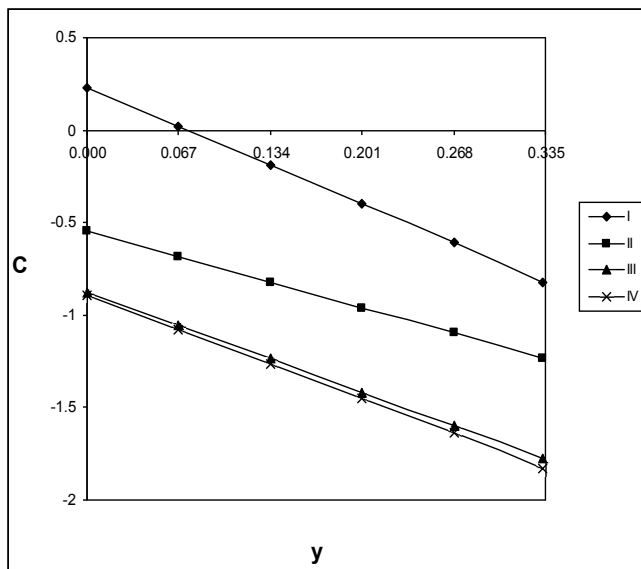


Fig. 63. Variation of C with M at $x = \frac{1}{3}$ level

	I	II	III	IV
M	5	10	15	20

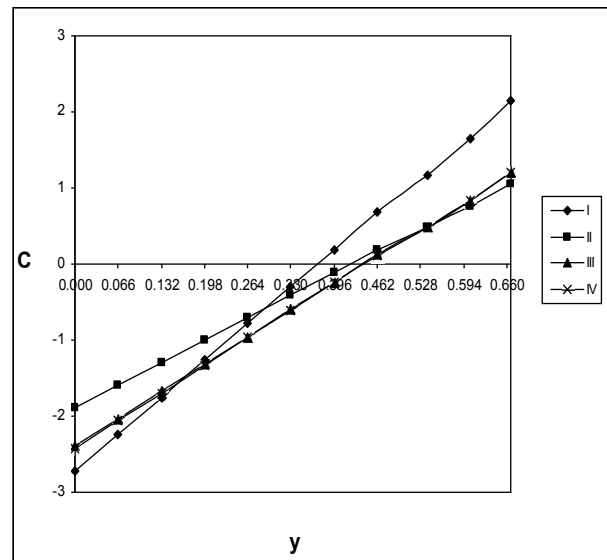


Fig. 64. Variation of C with M at $x = \frac{2}{3}$ level

	I	II	III	IV
M	5	10	15	20

REFERENCES

- [1] Bankvall, C.G, "Natural convective heat transfer in a insulated structures," *Lundinst. Tech. Report 38*, pp. 1-149, 1972.
- [2] Bankvall, C.G, "Heat transfer in fibrous material," *J. Test. E*, vol. 3, pp. 235-243, 1973.
- [3] C. E. Hickox and D. K. Gartling, "A numerical study of natural convection in a horizontal porous layer subjected to an end-to-end temperature difference," *ASME J. Heat Transfer*, 103, 797-802, 1981.
- [4] Hiroxhi Iwai, Kazuyoshi nakabe, Kenjiro Suzuki, "Flow and Heat transfer characteristics of backward-facing step laminar flow in a rectangular duct," *Int. J. Heat and Mass transfer*, vol. 43, pp. 457-471, 2000.
- [5] J. Kakutani, *J. Phys. Soc, Japan*, vol. 13, p. 1504, 1958.
- [6] Prasad, V. and Kulacki, F.A, "Natural convection in a vertical porous annulus," *Int. J. Heat mass transfer*, vol. 27, pp. 207-219, 1984.
- [7] K. Padmalatha, Ph.D. Thesis on "Finite element analysis of laminar convection flow through a porous medium in ducts," *S.K. University, Anantapur, (A. P) India*, 1997.
- [8] Padmavathi, A., "Finite element analysis of the Convective heat transfer flow of a viscous in compressible fluid in a Rectangular duct with radiation, viscous dissipation with constant heat source," *Jour. Phys and Appl.Phys.*, vol. 2, 2009.
- [9] Prasad, V. and Kulacki, F.A. , "Convective heat transfer in a rectangular porous cavity effect of aspect ratio flow structure and heat transfer," *ASME Journal of heat transfer*, vol. 106, pp. 158-165, 1984.
- [10] Poulikakos, D. and Bejan, A., "Natural convection in vertically and horizontally layered porous media heated from side," *Int. J. heat and mass transfer*, vol. 26, pp. 1805-1813, 1983.
- [11] Rangareddy, M., "Heat and Mass transfer by Natural convection through a porous medium in ducts," *Ph.D thesis, S.K. University, Anantapur*, 1997.
- [12] Seki. N., Fukusako. S and Inaba, H., "Heat transfer in a confined rectangular cavity packed with porous media," *Int. J. of heat and mass transfer*, vol. 21, pp. 985-989, 1981.
- [13] Sivaiah, S., "Thermo-Diffusion effects on convective heat and mass transfer through a porous medium in Ducts," *Ph.D thesis, S.K University, Anantapur, India*, 2004.
- [14] Bejan, A., "On the boundary layer region in a vertical enclosure filled with a porous medium," *letters heat and mass transfer*, vol. 6, pp. 93-102, 1979.
- [15] Beckermann C, Ramadhyani, S, and Viskanta, R., "Natural convection flow and heat transfer between fluid layer and a porous layer inside a rectangular enclosure," *Journal of heat transfer*, vol. 109, p, 363, 1987.
- [16] Cheng K.S. and J.R. Hi., "Steady, Two-dimensional, natural convection in rectangular enclosures with differently heated walls," *Transaction of the ASME*, vol. 109, p, 400, 1987.
- [17] Chan, B.K.C, Ivey, U.M and Barry, J.M., "Natural convection in enclosed porous medium with rectangular boundaries," *ASME journal of heat transfer*, vol. 92, pp. 21-27, 1970.
- [18] Holst, P.H., "Transient three dimensional natural convection in confined porous media," *Int. J. Heat Mass transfer*, vol. 15, pp. 72-89, 1972.
- [19] Joseph, J. Savino and Robert Siegel., "Laminar forced convection in Rectangular channels with unequal Heat addition on adjacent sides," *Int. J. Heat Mass transfer*, vol. 71, pp. 733-741, 1964.
- [20] Kermant, B.C.C., "Natural convection flow and heat transfer between a fluid layer and a porous layer inside a rectangular enclosure," *Heat Transfer Laboratory, Purdue, University, Indiana*.
- [21] Kamotani, Wang. L.W. Ostrach. S. and Jiang, H.D., "Experimental study of natural convection in shallow enclosures with horizontal temperature and concentration gradients," *Int. J. Heat Mass transfer*, vol. 28 pp. 165-173, 1985.
- [22] Lauriant, F., "Natural convection and radiation on enclosure partially, filled with a porous insulation," *ASME*, pp. 84-107, 1984.
- [23] Morrison, F. A., "Transient multiphase Multi component flow in porous media," *Int. J. Heat mass transfer*, vol. 16, pp. 2331-2341, 1973.
- [24] Verschoor, J.D, and Greebler, P., "Heat Transfer by gas conduction and radiation in fibrous insulation," *Trans. Am. Soc. Mech. Engrs*, pp. 961-968, 1952.
- [25] Ribando, R.J. and Torrance, K.E., "Natural convection in a porous medium effects of confinement, variable permeability and thermal boundary conditions," *Trans. Am. Soc. Mech. Engrs. Series. C.J. Heat Transfer*, vol. 98, pp. 42-48, 1976.
- [26] Rubin, A. and Schweitzer, S., "Heat transfer in porous media with phase change," *Int. J. Heat Mass Transfer*, vol. 15, pp. 43-59, 1972.
- [27] Bankvall, C.G., "Natural convective in vertical permeable space," *Warme-and staffubertragung*, vol. 7, pp. 22-30, 1974.
- [28] Burns, P.J, Chow, L.C. and Chen, S., *Int. J. Heat and Mass transfer*, vol. 20, pp. 919-926, 1976.
- [29] Teoman Ayhan, Hayati Olgum, and Betul Ayhan, "Heat transfer and flow structure in a Rectangualr channel withwing -1. type vortex Generator," *Tr. J. of Engineering and Environmental Science*, pp. 185-195, 22, 1998.

- [30] Ham-Chien Chiu, Jer-Huan Jang, Wei-Monyan, "Mixed convection heat transfer in Horizontal rectangular ducts with radiation effects," *Int. Journal of Heat Mass transfer* 50, pp. 2874-2882, 2007.
- [31] Chittibabu. D., Prasada Rao. D.R.V., Krishna D.V., "Convection flow through a porous medium in ducts," *Act science Indica*, vol. 30 2M, pp. 635-642, 2006.
- [32] Ostrach. S., Jiang. H.D., Kamotani. Y., "Thermo solutal convection in shallow enclosures," in *ASME, JSME thermal Engineering Joint Confernece*, Hawali, 1987.
- [33] R. Viskanta, T.L. Bergman, F.P. Incropera, "Double diffusive natural convection," in: S. Kakac, W. Aung, R. Viskanta (Eds.), *Natural Convection: Fundamentals and Applications*, Hemisphere, Washington, DC, pp. 1075-1099, 1985.
- [34] Lee. L., Hyun. M.T., Kim. K.W., "Natural convection in confined fluids with combined horizontal temperature and concentration gradients," *Int. J. Heat Mass Transfer* 31, pp. 1969-1977, 1985.
- [35] Hyun. J.M., Lee. J.W., "Double – diffusive convection in a rectangle with cooperating horizontal gradients of temperature and concentration gradients," *Int. J. Heat Mass transfer* 33, pp. 1605-1617, 1990.
- [36] Trevisan, O.V. Bejan A., "Mass and heat transfer by natural convection in a vertical slot filled with porous medium," *Int. J. Heat Mass Transfer*, vol.29 403-415, 1986.
- [37] Shanthi, G., "Numerical study of double diffusive flow of a viscous fluid through a porous medium in channels/ducts wit heat sources," *Ph. Thesis , S. K. Universtity*, Anantapur, 2010.
- [38] Brinkmann, H.C., "A calculation of the viscous force external by a flowing fluid on a dense swarm of particles," *Applied science Research, Ala*, p 81, 1948.
- [39] Verschoor, J.D. and Greebler, P., "Heat Transfer by gas conduction and radiation in fibrous insulation," *Trans. Am. Soc. Mech. Engrs*, pp. 961-968, 1952.
- [40] Badruddin, I. A, Zainal, Z.A, Aswatha Narayana, Seetharamu, K.N., "Heat transfer in porous cavity under the influence of radiation and viscous dissipation," *Int. Comm. In Heat & Mass Transfer* 33, pp. 491-499, 2006.
- [41] Nagaradhika V., "Mixed convective heat transfer through a porous medium in a Corrugated channel/ducts," *Ph.D. thesis, S.K. University*, 2010.
- [42] Reddaiah, P., "Heat and Mass Transfer flow of a viscous fluid in a duct of rectangular cross section by using finite element analysis," *European J. Of Prime and Applied Mathematics*, 2010.
- [43] Lee L.W., Hyun. J. M., "Double – diffusive convection in a rectangle with opposing horizontal and concentration 8 gradients," *Int. J. Heat, Mass transfer*, vol. 33, 1990.
- [44] Saffman, P.G., *Studies in Applied Mathematics*, vol. 50, p. 537, 1969.
- [45] San. J., "Natural convection in a rectangular porous cavity with constant heat flux as vertical wall," *Trans. Of ASME*, vol. 106, p. 252, 1984.
- [46] Trevisan. O.V., Bejan. A., "combined heat and mass tr ansfer by natural convection in a vertical enclosure," *ASME, J. Heat Transfer*, 19, pp.104-112, 1987.
- [47] Turner. B.C, and Flack R.D., "The experimental measurement of natural convective heat transfer in rectangular enclosures with concentrated energy source," *Trans. Of ASME*, vol. 102, pp. 236-242, 1980.
- [48] Tien C.L. and Hong. J. T., "Natural convection in porous media under non-darcion and non-uniform permeability convections," in *Natural Convection S. Kakac, et. al., (eds), Wemisphere, Washington, D.C., 1985.*

