

Algorithme de classification exhaustive des creux de tension : Association des méthodes des six tensions et des composantes symétriques

Samuel EKE, Adolphe MOUKENGUE IMANO

Laboratoire EEAT, Université de Douala; BP 8698 Douala, Cameroun, moukengue@univ-douala.com

RESUME - L'algorithme proposé présente un classificateur des neuf types de creux de tension selon la classification initiale de M. BOLLEN. Il utilise comme base la méthode des six tensions qui donne une première étape de classification, selon que le creux est monophasé, biphasé ou triphasé, par analyse des tensions simples et composées normalisées. On associe ensuite l'analyse des composantes symétriques des tensions et le calcul des déphasages pour les creux biphasés et la comparaison des modules des tensions en présence. Ce nouvel algorithme complète ainsi la classification obtenue par les deux algorithmes de base en intégrant les deux types de creux de tension avec surtension. Il est implémenté dans l'environnement MATLAB/SIMULINK dans une portion de réseau de distribution comme capteur identificateur des creux de tension dans un contexte de monitoring.

Mots-clés—creux de tension – Algorithme – Classification – Composantes symétriques – monitoring.

Introduction

Un creux de tension est une diminution subite de la tension d'alimentation U_a à une valeur comprise entre 10 et 90 % de la tension contractuelle U_c , suivie de son rétablissement après un court instant de durée supérieure à 10 ms [1][2].

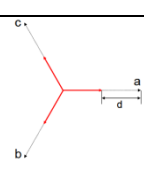
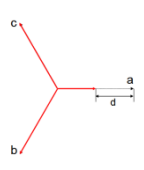
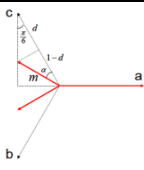
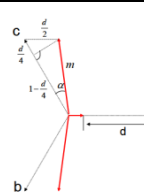
Dans l'évaluation de la qualité de l'énergie, la connaissance de certaines caractéristiques de classification est importante pour l'identification de la perturbation en rapport avec le défaut à l'origine. Par cet algorithme, nous proposons une identification et une classification des creux de tension telle proposée par M. BOLLEN [3], dont la typologie est présentée dans le tableau 1 du paragraphe suivant, à la suite des algorithmes présentés par [4] dans son travail. Une Analyse qui se rapproche de celle présentée dans ce travail a été faite par IGNATOVA avec le vecteur d'espace.

La typologie ABC sera présentée selon la classification qui permet d'identifier tous les neuf types de creux de tension. Nous revenons ensuite sur les méthodes des six tensions et des composantes symétriques qui ont conduit au nouvel algorithme. La plate forme de simulation qui permet de mettre en œuvre le nouvel algorithme sera présenté ainsi que la légende d'interprétation des résultats de simulations faites dans un contexte de monitoring.

1. TYPOLOGIE DES CREUX DE TENSION

Cette typologie présentée dans le tableau ci- après résume la signature vectorielle de chaque creux, les équations associées et les défauts qui provoquent cette perturbation. [4] [5][6]

Tableau 1.: Signatures vectorielles, équations cartésiennes et défauts responsables des creux de tension

type	Signature vectorielle	Equation cartésienne	Défauts
A		$\begin{cases} v_a = \frac{(1-d)V}{2} (e^{j\theta} + e^{-j\theta}) \\ v_b = \frac{(1-d)V}{2} \left(e^{j(\theta-\frac{2\pi}{3})} + e^{-j(\theta-\frac{2\pi}{3})} \right) \\ v_c = \frac{(1-d)V}{2} \left(e^{j(\theta-\frac{4\pi}{3})} + e^{-j(\theta-\frac{4\pi}{3})} \right) \end{cases}$ <p>où $\theta = \omega t$</p>	Défaut triphasé
B		$\begin{cases} v_a = \frac{(1-d)V}{2} (e^{j\theta} + e^{-j\theta}) \\ v_b = \frac{V}{2} \left(e^{j(\theta-\frac{2\pi}{3})} + e^{-j(\theta-\frac{2\pi}{3})} \right) \\ v_c = \frac{V}{2} \left(e^{j(\theta-\frac{4\pi}{3})} + e^{-j(\theta-\frac{4\pi}{3})} \right) \end{cases}$	Défauts monophasés
C		$\begin{cases} v_a = \frac{V}{2} (e^{j\theta} + e^{-j\theta}) \\ v_b = \frac{mV}{2} \left(e^{j(\theta-\frac{2\pi}{3}-\alpha)} + e^{-j(\theta-\frac{2\pi}{3}-\alpha)} \right) \\ v_c = \frac{mV}{2} \left(e^{j(\theta-\frac{4\pi}{3}-\alpha)} + e^{-j(\theta-\frac{4\pi}{3}-\alpha)} \right) \end{cases}$	Défauts biphasés entre phases Soit par propagation des types B et D à travers les transformateurs
D		$\begin{cases} v_a = \frac{(1-d)V}{2} (e^{j\theta} + e^{-j\theta}) \\ v_b = \frac{mV}{2} \left(e^{j(\theta-\frac{2\pi}{3}-\alpha)} + e^{-j(\theta-\frac{2\pi}{3}-\alpha)} \right) \\ v_c = \frac{mV}{2} \left(e^{j(\theta-\frac{4\pi}{3}-\alpha)} + e^{-j(\theta-\frac{4\pi}{3}-\alpha)} \right) \end{cases}$	Propagation du creux de type C à travers les transformateurs

E		$\begin{cases} v_a = \frac{V}{2}(e^{j\theta} + e^{-j\theta}) \\ v_b = \frac{(1-d)V}{2}\left(e^{j(\theta-\frac{2\pi}{3})} + e^{-j(\theta-\frac{2\pi}{3})}\right) \\ v_c = \frac{(1-d)V}{2}\left(e^{j(\theta-\frac{4\pi}{3})} + e^{-j(\theta-\frac{4\pi}{3})}\right) \end{cases}$	Entre phase et terre ou par propagation du type D
F		$\begin{cases} v_a = \frac{(1-d)V}{2}e^{j\theta} + e^{-j\theta} \\ v_b = \frac{mV}{2}\left(e^{j(\theta-\frac{2\pi}{3}+\alpha)} + e^{-j(\theta-\frac{2\pi}{3}-\alpha)}\right) \\ v_c = \frac{mV}{2}\left(e^{j(\theta-\frac{4\pi}{3}+\alpha)} + e^{-j(\theta-\frac{4\pi}{3}-\alpha)}\right) \end{cases}$	Propagation du type E à travers les transformateurs
G		$\begin{cases} v_a = \left(1 - \frac{2d}{5}\right)\frac{V}{2}(e^{j\theta} + e^{-j\theta}) \\ v_b = \frac{mV}{2}\left(e^{j(\theta-\frac{2\pi}{3}+\alpha)} + e^{-j(\theta-\frac{2\pi}{3}-\alpha)}\right) \\ v_c = \frac{mV}{2}\left(e^{j(\theta-\frac{4\pi}{3}+\alpha)} + e^{-j(\theta-\frac{4\pi}{3}-\alpha)}\right) \end{cases}$	Double transformation du type E

H		$\begin{cases} v_a = \frac{(1-d)V}{2}(e^{j\theta} + e^{-j\theta}) \\ v_b = \frac{mV}{2}\left(e^{j(\theta-\frac{2\pi}{3}+\alpha)} + e^{-j(\theta-\frac{2\pi}{3}-\alpha)}\right) \\ v_c = \frac{mV}{2}\left(e^{j(\theta-\frac{4\pi}{3}+\alpha)} + e^{-j(\theta-\frac{4\pi}{3}-\alpha)}\right) \end{cases}$	Défauts dans les systèmes isolés. Défauts phases terre
I		$\begin{cases} v_a = (1+2d)\frac{V}{2}(e^{j\theta} + e^{-j\theta}) \\ v_b = \frac{mV}{2}\left(e^{j(\theta-\frac{2\pi}{3}+\alpha)} + e^{-j(\theta-\frac{2\pi}{3}-\alpha)}\right) \\ v_c = \frac{mV}{2}\left(e^{j(\theta-\frac{4\pi}{3}+\alpha)} + e^{-j(\theta-\frac{4\pi}{3}-\alpha)}\right) \end{cases}$	Défauts dans les systèmes isolés. Défauts double phase terre

les creux de tension de type A, C, et D, tels qu'ils sont subit par les charges, ce qui en fait une restriction. Son objectif est en fait l'étude de la propagation et les conséquences des creux de tension à travers les transformateurs et aux bornes des charges [3].

A travers la transformation de Fortescue, on obtient les tensions V_d , V_i , et V_o composantes utilisées dans les systèmes de reconnaissance [7], et on compare la tension inverse V_i par l'image $|1 - V_d|$ de la tension directe V_d , pour distinguer le creux de tension de type C et D non équilibrés.

2. METHODES DES SIX TENSIONS ET DES COMPOSANTES SYMETRIQUES

L'algorithme implémenté dans cet article découle de deux méthodes de classification présentées par [3] [4] et de la classification proposé par M.Bollen et largement utilisée.

2.1. Méthode des six tensions

Elle consiste à normaliser les tensions composées et à comparer leurs amplitudes estimées par la composante symétrique, à celle des trois tensions simples. La phase pour laquelle l'amplitude est la plus faible est la phase ou les phases dont la chute de tension est la plus importante. Dans la mise en œuvre de cette méthode à partir de l'algorithme proposé par [4], deux seuils sont définies, pour départager les creux de tensions pour le premier équilibrés et non équilibrés et pour le second, la présence d'un creux de tension triphasé ou non.

Cet algorithme permet de distinguer les creux de tension monophasés, biphasé et triphasé, sans donner des détails sur la typologie c'est à dire B, D ou F pour les creux de tension monophasé, C, E, G ou I pour ces creux de tension Biphassés. (Figure1)

2.2. Méthodes des composantes symétriques

Dans la méthode des composantes symétriques (figure 2), on fait l'étude des tensions directes et inverses dans le plan complexe [5], les impédances directe et inverse sont supposées égales et la tension homopolaire nulle. Cette méthode analyse

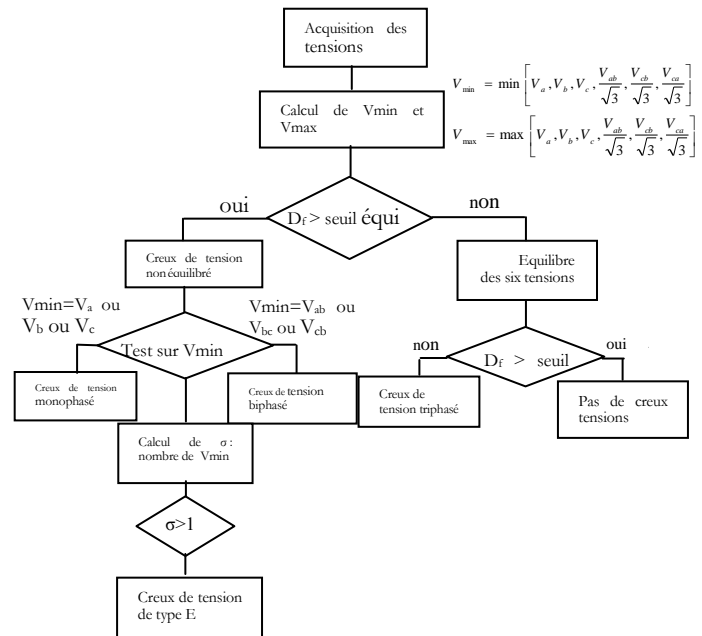


Fig.1 : Algorithme détaillé des six tensions.

3. NOUVEL APPROCHE

Les creux de tension peuvent être classifiés en quatre groupes (monophasés : B, D, F, H ; biphasés : C, E, G, I ; triphasé : A et avec surtension : H et I [4]). L'une des contributions de ce travail se situe autour de cette classification en associant à ce triple regroupement qu'on peut obtenir avec la méthode des six tensions, l'apport des composantes symétriques et une discussion sur les modules des tensions.

En effet, Ce nouvel algorithme implémenté dans le contexte de monitoring propose une classification directe des sept types de creux de tension [3] et des deux autres type H et type I qui introduisent les surtensions. Il exploite la méthode des six tensions au niveau de la distinction des creux de tension monophasé c'est dire B, D, ou F en proposant une évaluation des déphasages, ensuite sur les creux de tension biphasé, une distinction sur les creux C et G, le type E résultant du nombre σ de Vmin. De la méthode des composantes symétriques, on exploite, l'image de la composante inverse pour ressortir le creux de tension de type A et les conditions sur les creux de type C et D.

Par ailleurs la connaissance directe du type de creux de tension peut conduire à l'identification du type de défaut responsable et par l'analyse du spectre du creux, à la localisation du défaut.

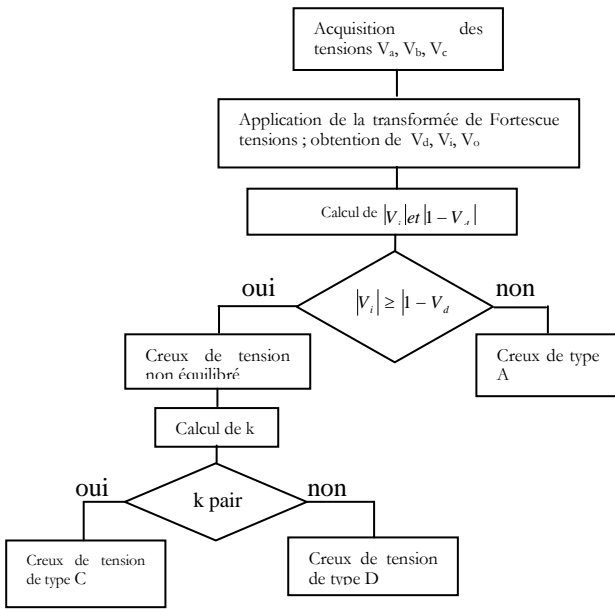


Fig.2 : Algorithme détaillé des composantes symétriques

$$k = \text{round} \left(\frac{\text{angle}(V_d, V(1-V_i))}{60^\circ} \right) \quad (1)$$

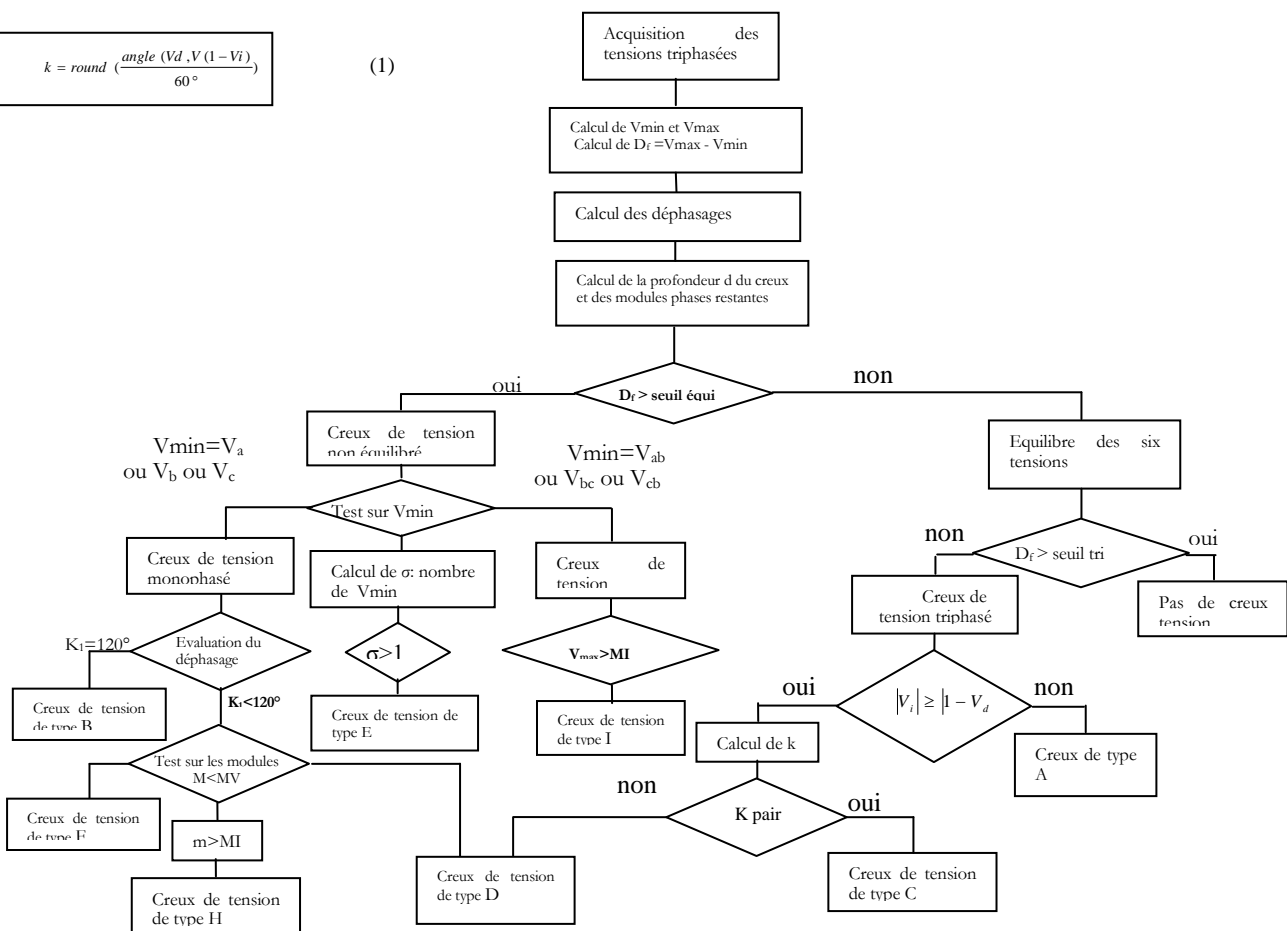


Fig.3 : Algorithme de classification des creux de tension suivant leurs formes d'onde.

Les paramètres du nouvel algorithme sont les suivants :

- $MI = 400$ (valeur efficace des tensions d'entrées) (2)
- $K_1 = \text{angle}(V_a, V_b)$ (3)
- $MV = \frac{2}{3}(400)$ (4)
- $d = MI - V_{min}$ (5)

4. PLATE FORME DE SIMULATION

La simulation a été faite sur MATLAB /SIMULINK dans le module Simpower system dont la plate forme utilisé est donnée à la figure 5. Le dispositif est placé à la sortie d'un transformateur HTA / BT. Le module principal a été programmé et intégré comme un capteur analyseur de creux de tension qui renseigne en sortie le type de creux de tension en présence.

On crée à chaque fois les types de creux de tension et on observe le traitement fait par l'analyseur du creux de tension, qui reçoit en entrée les tensions simples et composées et qui renvoie le code d'identification du creux de tension. Les sorties qui affichent les paramètres Df , V_{min} , seuil équi et seuil tri sont implémentées pour suivre le traitement fait par le programme intégré dans le block analyseur.

Le block *fault breaker* introduit à chaque fois les défauts monophasés et biphasés qui introduisent les creux de tension monophasés et biphasés. Les creux de tension qui s'obtiennent par propagation à travers les transformateurs sont aussi introduits en ajoutant au circuit de simulation un transformateur DY. Le block three-phase breaker contrôle une charge supplémentaire de forte puissance, qui est aussi activée pour observer les creux de tensions triphasés.

Les informations peuvent se présentées sous formes de courbes, auxquelles on associe l'identification à travers un code donné par une légende.

5. PRESENTATION DES RESULTATS DE SIMULATION

A la légende, nous associons les courbes de tension instantanées et les celles des valeurs efficaces en fonction du temps. Le résultat du traitement apparaît à chaque fois sur l'afficheur marqué *type* et on peut avoir les courbes correspondantes.

Les figures 5, 6 et 7 suivantes présentent les résultats de simulations pour les creux de tension de type A, de type C et de type I.

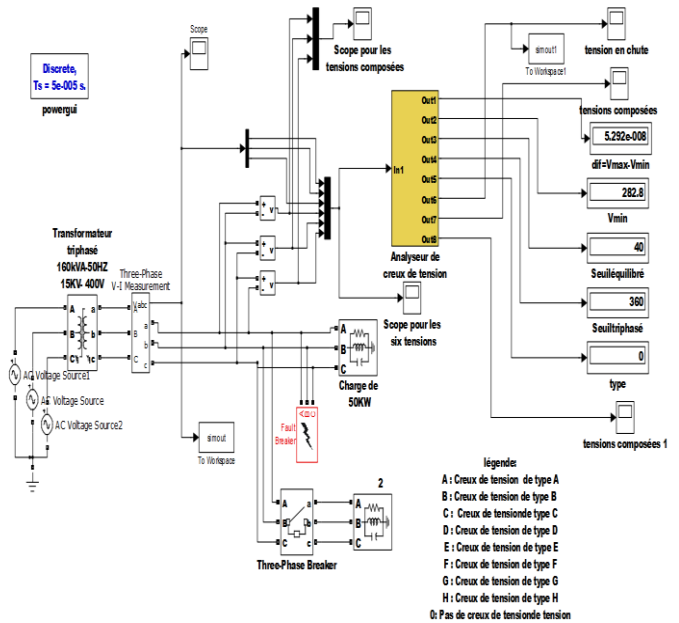


Fig.4 : plate forme de simulation

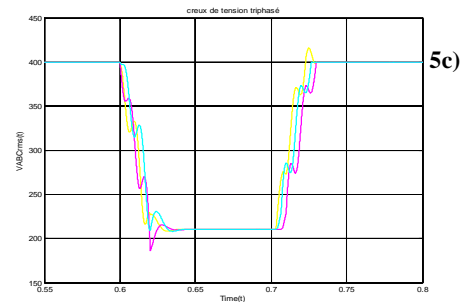


Figure 5 : creux de tension de type A ; a) identification par affichage ; b) tension triphasée instantanée ; c) tension efficaces

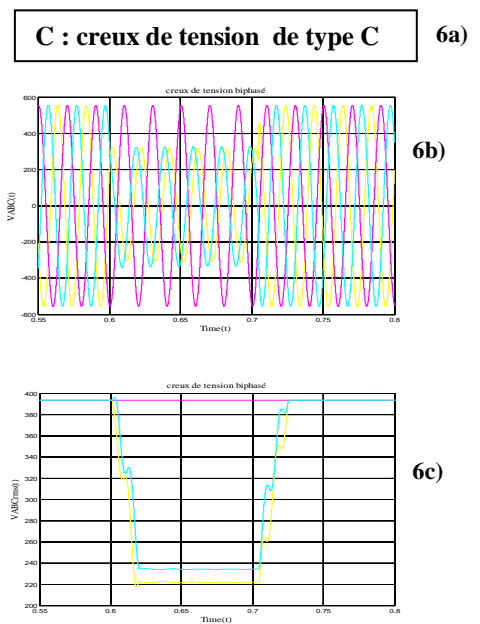
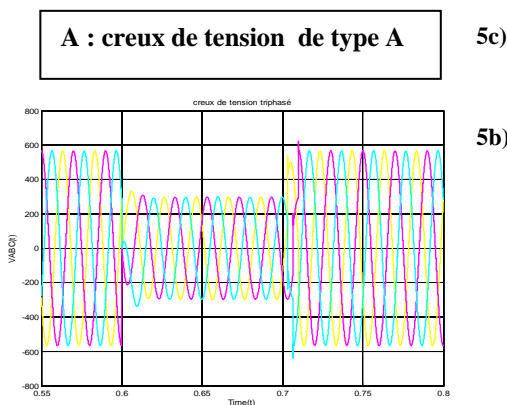


Fig. 6: Creux de tension de type C ; a) identification par affichage ; b) tension triphasée instantanée ; c) tension efficaces instantanées



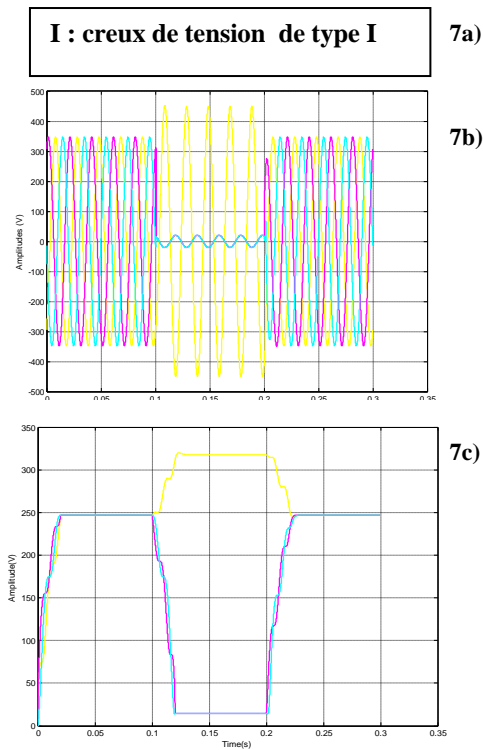


Fig7 : Creux de tension de type E: a) identification par affichage ; b) tension triphasé instantanée ; c) tension efficaces

6. CONCLUSIONS

Le travail présenté dans cet article propose un algorithme d'identification et de classification des creux de tension. Cet algorithme est implémenté par un code MATLAB et intégré dans un module comme démontré dans la plate forme de simulation. Dans ce contexte, ce module permet de reconnaître les creux de tension par la typologie ABC ou 123, par simple affichage du type en présence. Il peut être utilisé comme capteur d'identification des creux de tension qui renvoie les informations en temps réel pour une éventuelle prise de décision. On peut l'affiner en intégrant un outil d'intelligence artificielle, qui sera renseigné par les équations cartésiennes dans lesquelles on tiendra compte des variations des angles de déphasage dans la reconnaissance, ce qui pourrait conduire à une autre forme de classification plus rigoureuse et plus fine. Ce module peut être implémenté dans carte qui permettra d'identifier en temps réel les creux de tension. Par exemple les cartes Arduino qui se pilotent aisément avec MATLAB/SIMULINK.

7. REFERENCES

- [1] Roger OTT, « Qualité de tension - creux de tension et coupures brèves », Technique de l'ingénieur, 2002, P2.
- [2] Isabelle Balkani, « Outils de simulation de propagation de creux de tension dans les réseaux industriels », Thèse de doctorat de l'INPG, 2001.
- [3] M. BOLLEN, « Understanding Power Quality Problems. Voltage Sags and Interruptions », Wiley-IEEE Press, 1999.

- [4] VANYA IGNATOVA, « Méthodes d'analyse de la qualité de l'énergie électrique : Application aux creux de tension et à la pollution harmonique. », thèse de doctorat de l'UJF, 2006.
- [5] VANYA IGNATOVA et al., « Space Vector Method for Voltage Dips and Swells Analysis » IEEE Transactions on Power Delivery, vol. 24, no. 4, October 2009.
- [6] Zhang, M. BOLLEN, « A method for characterizing unbalanced voltage dips (sags) with symmetrical components », IEEE Power Engineering Letters, July 1998.
- [7] Mathieu Caujolle, « Identification et caractérisation des perturbations affectant les réseaux HTA », thèse de doctorat de Supélec, 2011.