# Advanced Encryption Standard

## (Information de Wikipedia)

***Advanced Encryption Standard*** ou **AES** (litt. « norme de chiffrement avancé »), aussi connu sous le nom de Rijndael, est un algorithme de chiffrement symétrique. Il remporta en octobre 2000 le concours AES, lancé en 1997 par le NIST et devint le nouveau standard de chiffrement pour les organisations du gouvernement des États-Unis. Il a été approuvé par la NSA (National Security Agency) dans sa suite B[1] des algorithmes cryptographiques. Il est actuellement le plus utilisé et le plus sûr.

# Origine

L'AES remplace le DES (choisi comme standard dans les années 1970) qui de nos jours devenait obsolète, car il utilisait des clefs de 56 bits seulement. L'AES a été adopté par le NIST (National Institute of Standards and Technology) en 2001. De plus, son utilisation est très pratique car il consomme peu de mémoire et n'étant pas basé sur un schéma de Feistel, sa complexité est moindre et il est plus facile à mettre en œuvre.

# Fonctionnement

L'algorithme prend en entrée un bloc de 128 bits (16 octets), la clé fait 128, 192 ou 256 bits. Les 16 octets en entrée sont permutés selon une table définie au préalable. Ces octets sont ensuite placés dans une matrice de 4x4 éléments et ses lignes subissent une rotation vers la droite. L'incrément pour la rotation varie selon le numéro de la ligne. Une transformation linéaire est ensuite appliquée sur la matrice, elle consiste en la multiplication binaire de chaque élément de la matrice avec des polynômes issus d'une matrice auxiliaire, cette multiplication est soumise à des règles spéciales selon $GF(2^8)$ (groupe de Galois ou corps fini). La transformation linéaire garantit une meilleure diffusion (propagation des bits dans la structure) sur plusieurs tours.

Finalement, un OU exclusif XOR entre la matrice et une autre matrice permet d'obtenir une matrice intermédiaire. Ces différentes opérations sont répétées plusieurs fois et définissent un « tour ». Pour une clé de 128, 192 ou 256, AES nécessite respectivement 10, 12 ou 14 tours.

### Différence entre Rijndael et AES

La seule différence entre AES et Rijndael est l'ensemble des longueurs de bloc et la taille de clé.

L'AES fixe la longueur de bloc à 128 bits et prend en charge les longueurs de clé de 128, 192 ou 256 bits seulement.

### Algorithme

Algorithme haut niveau pour le chiffrement avec Rijndael[3]:

```
procedure Rijndael(State,Cipherkey)
    KeyExpansion(CipherKey,ExpandedKey)
    AddRoundKey(State,ExpandedKey[0])
    for i = 1 to Nr - 1 do
        Round(State,ExpandedKey[i])
    end for
    FinalRound(State,ExpandedKey[Nr])
end procedure
```

Les tours de transformation de Rijndael[3]:

```
procedure Round(State,ExpandedKey[i])
    SubBytes(State);
    ShiftRows(State);
    MixColumns(State);
    AddRoundKey(State,ExpandedKey[i]);
end procedure
procedure FinalRound(State,ExpandedKey[Nr])
    SubBytes(State);
    ShiftRows(State);
    AddRoundKey(State,ExpandedKey[Nr]);
end procedure
```

# Attaques

L'AES n'a pour l'instant pas été cassé, même théoriquement, au sens où il n'existe pas d'attaque significativement plus efficace que la recherche exhaustive quand le chiffrement est correctement utilisé.

### Attaques sur des versions simplifiées

Des attaques existent sur des versions simplifiées d'AES. Niels Ferguson et son équipe ont proposé en 2000 une attaque sur une version à 7 tours de l'AES 128 bits. Une attaque similaire casse un AES de 192 ou 256 bits contenant 8 tours. Un AES de 256 bits peut être cassé s'il est réduit à 9 tours avec une contrainte supplémentaire. En effet, cette dernière attaque repose sur le principe des « related-keys » (clés apparentées). Dans une telle attaque, la clé demeure secrète mais l'attaquant peut spécifier des transformations sur la clé et chiffrer des textes à sa guise. Il peut donc légèrement modifier la clé et regarder comment la sortie de l'AES se comporte.

### Attaques sur la version complète

La simplicité algébrique de l'AES a été mise en avant, par exemple en 2001 par Niels Ferguson, comme une potentielle faiblesse[4]. Elle n'a cependant pu être exploitée jusqu'à présent. En 2002 Nicolas Courtois et Josef Pieprzyk avaient présenté une attaque algébrique

théorique l'attaque XSL, dont ils estimaient qu'elle était plus efficace que l'attaque par force brute, mais cela a été infirmé par des travaux ultérieurs[5].

En 2011, des chercheurs de Microsoft publient une attaque sur la version complète d'AES.

### Recommandations de la NSA

Le gouvernement américain a annoncé en juin 2003 à propos de l'algorithme AES (suivant une analyse de la NSA) :

« L'architecture et la longueur de toutes les tailles de clés de l'algorithme AES (128, 192 et 256) sont suffisantes pour protéger des documents classifiés jusqu'au niveau « SECRET ». Le niveau « TOP SECRET » nécessite des clés de 192 ou 256 bits. L'implémentation de l'AES dans des produits destinés à la protection des systèmes et/ou documents liés à la sécurité nationale doit faire l'objet d'une analyse et d'une certification par la NSA avant leur acquisition et leur utilisation »

### Attaques par canal auxiliaire

Les attaques par canal auxiliaire exploitent les faiblesses du système implémentant l'algorithme de chiffrement et ne le visent donc pas directement. Il existe plusieurs attaques connues de ce type pour l'AES.

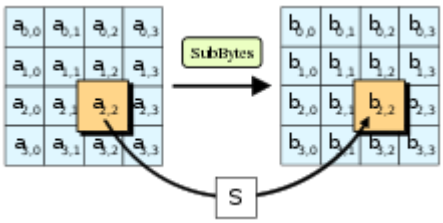
En avril 2005, Daniel J. Bernstein a publié une attaque temporelle utilisée pour casser une clé AES sur un serveur spécifique tournant avec OpenSSL.

En novembre 2010, Endre Bangerter, David Gullasch et Stephan Krenn ont publié un article décrivant la récupération d'une clé secrète AES-128 quasiment en temps réel qui fonctionne sur certaines implémentations. Comme les précédentes attaques de ce type, elle nécessite de lancer un programme sur la machine qui effectue le chiffrement.

# Annexes

.

AES




| Résumé | |
|---|---|
| **Concepteur(s)** | Joan Daemen, Vincent Rijmen |
| **Première publication** | 2000 |
| **Dérivé de** | Rijndael, Square |
| **Chiffrement(s) basé(s) sur cet algorithme** | Aucun |

| Caractéristiques | |
|---|---|
| **Taille(s) du bloc** | 128 bits |
| **Longueur(s) de la clé** | 128, 192, 256 bits |
| **Structure** | Réseau de substitution/permutation |
| **Nombre de tours** | 10,12 ou 14 selon la taille de la clé |

Meilleure cryptanalyse

Une attaque par clé apparentée casse 9 tours de AES-256. Une attaque par texte clair choisi casse 8 tours de AES-192 et 256, ou 7 tours de AES-128 (Ferguson et al, 2000).